

Arbeitssicherheit durch Robotertechnik - Verbesserter Schutz an Stranggießanlagen

** Andreas Jungbauer, Johann Penn, Franz Wimmer*

Obwohl die Sicherheitsstandards in den letzten Jahren verbessert worden sind, gibt es auf der Gießbühne noch immer unmittelbare Gefahren durch große Mengen Flüssigstahl. Bereits in den 1970er-Jahren wurde das „mannlose Gießen“ forciert. Doch damals war die Technologie noch nicht so weit. Jetzt haben Versuche gezeigt, dass alle Elemente eines voll automatisierten Gießbühnenbetriebs mit einer limitierten Anzahl von Robotern realisierbar sind.

Beim Stranggießen wird das flüssige Roheisen kontinuierlich in eine bodenlose, gekühlte Kokille gegossen. Innerhalb der Kokille erstarrt eine Strangschale, die dann in Gießrichtung gezogen wird und den flüssigen Kern umschließt. Nach dem Verlassen der Kokille wird die Strangschale so weit mit Wasser gekühlt, bis der Strang vollständig erstarrt ist.

Das Gießen selbst umfasst dabei verschiedene Einzeltätigkeiten, die von mehreren Arbeitern durchgeführt werden. Zunächst bringt der Gießkran eine volle Gießpfanne zur Gießbühne, die über dem Verteiler positioniert wird. Danach wird der Schieber geöffnet und der Stahl via Verteiler in die Kokille abgegossen. Die Probeannahme erfolgt händisch mittels einer ein bis zwei Kilogramm schweren Probeannahmeeinheit, die in den Verteiler getaucht wird. Während des Gießvorganges muss permanent Gießpulver mit einer langstieligen Schaufel auf den Gießspiegel aufgegeben werden, um einen stabilen kontinuierlichen Gießvorgang erst zu ermöglichen. Manchmal wird jedoch der Ausguss durch anhaftende Stahlspritzer oder zu kaltem Stahl blockiert, so dass dieser mit einer speziellen Sauerstofflanze wieder aufgeschnitten (gebrannt) werden muss.

Verständlicherweise gibt es durch diese Tätigkeiten auf der Gießbühne ein relativ hohes Potenzial von Verletzungen, da die Arbeit beim Abstich gefährlich ist. Inzwischen haben Industrieroboter eine solche Leistungsfähigkeit erreicht, dass sie die schwere, schmutzige und gefährliche Arbeit auf der Gießbühne erleichtern

können. Mit einer Lastaufnahme von 350 kg, einem großen Arbeitsbereich von über drei Metern und einer Wiederholgenauigkeit von 0,15 mm eignen sie sich für ein breites Anwendungsspektrum. Bisherige Anwendungen zeigen aber die Roboter nur bei der Probennahme und der Temperaturmessung, ohne eine koordinierende Tätigkeit. Da auf der Gießbühne alle Aufgaben streng chronologisch ablaufen und kaum Platz vorhanden ist, können nicht mehrerer Roboter die Arbeiten übernehmen. Statt zahlreicher feststehender Roboter muss ein beweglicher Roboter in die erforderlichen Positionen gebracht werden und den ganzen Arbeitsbereich flexibel abdecken. Mit insgesamt zwei bis vier Robotern ist es dann möglich, einen voll automatisierten Gießbühnenbetrieb abzudecken – und dies vom Gießbeginn bis zum Gießende.

Die Roboter werden in bestimmten Bereichen auf der Gießbühne eingesetzt und bilden so genannte „Roboterzellen“. Die genaue Positionierung hängt dabei stark vom Layout der Stranggießanlage ab. Der Arbeitsbereich des Roboters kann mit einer Schwenkeinheit den Anlagenverhältnissen angepasst werden und ermöglicht die Verwendung von Standard-Industrierobotern. Durch die Konfiguration ist ein Nachrüsten an bestehenden Stranggießanlagen jederzeit möglich.

Einsatzmöglichkeiten von Industrierobotern auf der Gießbühne

Nach zahlreichen CAD-Simulationen und Machbarkeitsstudien begann Siemens VAI mit umfangreichen Laborversuchen die Erprobung unter realen Bedingungen. Durch den Aufbau einer Gießbühne im Maßstab 1:1 wurden perfekte Umgebungsbedingungen für Testläufe geschaffen, die eine stetige Weiterentwicklung und Erprobung von kundenspezifischen Anforderungen zuließen. Dabei wurde die Gießbühne in drei modular aufgebaute Arbeitsbereiche unterteilt:

Im Pfannenaufnahmebereich wird die Pfanne mittels Roboter mit allen notwendigen Medien angeschlossen respektive der Pfannenschieberzylinder an der Pfanne positioniert. Nach dem Vergießen der Pfanne wird die Pfanne abgeschlossen und für den Abtransport in den Stahlwerksbereich aufbereitet.

Im Verteilerbereich werden durch den Roboter die bisher manuell oder halbautomatisch durchgeführten Tätigkeiten vollständig automatisiert. Im Wesentlichen sind dies das Manipulieren des Schattenrohrs, das Einsetzen des Schattenrohres in die Schattenrohrfixierung der Pfanne, Probennahme und Temperaturmessungen sowie das Aufbringen des Abdeckpulvers am Verteiler. Das größte Gefahrenpotenzial stellte bisher das Aufbrennen von Pfannen mit einer Sauerstofflanze dar. Auch diese Tätigkeit kann nun mittels Robotertechnik realisiert werden.

Der anschließende Kokillenbereich stellt aus sicherheitstechnischer Sicht einen hochsensiblen Bereich dar, da bisher das Bedienpersonal mit Flüssigstrahl in unmittelbaren Kontakt kam. Durch die Robotertechnik ist es nun möglich, die notwendigen Tätigkeiten wie das Aufbringen des Gießpulvers, den Gießrohrwechsel, das Abschlacken oder das Einsetzen der Qualitätstrennplatten vollständig zu automatisieren.

Voraussetzung für die Automation ist exakte und schnelle

Positionserfassung

Betrachtet man die einzelnen Funktionen, so stellen sie eine große Herausforderung dar, weil die zu manipulierenden Objekte nicht ortsfest, sondern beweglich sind. In diesem Fall erkennt ein Positionserfassungssystem die Position der nicht ortsfesten Baugruppen mittel robustem 3D-Kamerasystem. Dieses wurde speziell für den Stahlwerksbetrieb entwickelt und bildete die Grundlage für eine vollständige automatisierte Gießbühne.

Bei marktüblichen Positionserfassungssystemen wird die Erkennung entweder durch Laserdetektion oder mittels Kamerasystemen gelöst. Versuche in Stahlwerken zeigten aber, dass Laserstrahlen empfindlicher gegen Staub und andere Luftpartikel sind, was die Betriebsgenauigkeit und Zuverlässigkeit beeinträchtigt. Kamerasystem haben nicht diese Probleme.

Allerdings sind die marktüblichen Systeme empfindlich gegenüber wechselnden Lichtverhältnissen wie sie typischerweise in Stahlwerken auftreten. Siemens BAI entwickelte deshalb ein äußerst stabiles 3D-Positionserkennungssystem, das den

Schwarzlichteffekt ausnutzt. In Bezug auf die Lichtempfindlichkeit ist ein sicheres Erkennen der Position zwischen fünf und 200 Lux möglich, das ist für den Einsatz in Stahlwerken ausreichend. Neben der Zuverlässigkeit ist auch die Geschwindigkeit der Zielerkennung ein wesentlicher Sicherheitsaspekt. Im Rahmen des Entwicklungsprozesses und der Studie von Zeitanalysen legte Siemens VAI die maximale Erfassungszeit mit vier Sekunden fest. Dies ist in jedem Fall ausreichend und wurde bei den Versuchen häufig noch unterschritten.

Mit einer an der Pfanne oder am Verteiler befestigten Bezugsplatte werden Lageabweichungen in allen drei Achsenrichtungen sowie die Drehung der Zielobjekte vom System analysiert. Die Abweichungsparameter werden anschließend automatisch auf die übergeordnete Steuerung, den Motion Controller, übertragen und als Offset ausgeregelt. Um die Betriebssicherheit zu gewährleisten, sind die Präzisionskameras mit einem Schutzgehäuse versehen, das die Kameras von mechanischen Schlägen, Staub, Flüssigkeiten, Dampf und Hitze abschirmt. Nach routinemäßigen Wartungsarbeiten an den Kameras oder dem Kameragehäuse leitet der Roboter einen automatischen Kalibrierzyklus mit einer Bezugsplatte ein. Dies minimiert die manuellen Einstellarbeiten und den Weißabgleich.

Roboterfunktionen automatisieren manuelle Handgriffe

Im Pfannenaufnahmebereich müssen die Anschlüsse für verschiedene Medien wie Argon, Kühlluft und Hydrauliköl sowie elektrische Signalverbindungen bei jedem Pfannenwechsel mit der Pfanne gekoppelt oder entkoppelt werden. Siemens VAI entwickelt ein Schnellkupplungssystem, das nach der Erfassung der Pfannenposition durch das Positionserfassungssystem mittels Roboter eingesetzt und automatisch fixiert wird. Die nächste Tätigkeit ist das Einsetzen von Pfannenschieberzylinder und Schattenrohrfixierzylinder. Ähnlich wie bei der Multikupplung werden beide Zylinder nach der Positionserkennung mittel Roboter in den Pfannenschieber eingesetzt und automatisch verriegelt. Durch beide Automatisierungsschritte ist das Betreten des Pfannenaufnahmebereichs durch das Bedienpersonal nicht mehr notwendig und erfüllt damit die gewünschten Sicherheitsstandards.

Wenn früher eine neue Pfanne in Gießposition gedreht wurde, musste das Schattenrohr durch das Bedienpersonal angekoppelt werden. Diese Arbeit im Verteilerbereich wurde normalerweise manuell oder mittels automatischer Schattenrohrmanipulatoren ausgeführt. Durch das neu entwickelte Fixiersystem kann der Schattenrohrmanipulator entfallen. Der Roboter bringt das Rohr von der Vorheizstation zum Fixiersystem am Pfannenschieber. Danach wird das Schattenrohr durch das Fixiersystem geklemmt und ist für den Gießbetrieb bereit. Der gleiche Roboter kann nun auch das Schattenrohr automatisch säubern. Dabei wird das Schattenrohr von der Pfanne abgenommen und zur Sauerstoffdusche gebracht. Wahlweise kann an einer Videokamera ein Zwischenstopp eingelegt werden. Anhand der Bilder kann der Bediener entscheiden, ob er das Schattenrohr reinigen oder ersetzen soll. Nach Beendigung des Reinigungsvorgangs wird das Schattenrohr vom Roboter an der neuen Pfanne angebracht. Eine der gefährlichsten Arbeiten für das Bedienpersonal ist das Aufbrennen von Pfanne, die sich nicht öffnen lassen. Das Robotersystem ermöglicht jetzt das Öffnen einer eingefrorenen Pfanne mittels automatisch nachgeführter Sauerstofflanze. Dieser Prozess wird erst durch Einsatz einer hoch entwickelten Roboterarmsensorik ermöglicht.

das selbsttätige Aufbringen des Abdeckpulvers durch einen Roboter bietet die Möglichkeit der „totalen Qualitätskontrolle“. Das in einem oder mehreren Bunkern gelagerte Pulver wird in die Pulverschaufel des Roboterwerkzeugs gefüllt. Die Daten der integrierten Wiegeeinrichtung fließen dabei in das Qualitätssystem ein. Für die Temperaturmessung entnimmt der Roboter eine Temperaturmesslanze vom Werkzeugmagazin und vom Sondenmagazin eine Messsonde. Danach führt er die Temperaturmessung im Flüssigstahls des Verteilers durch. Nach erfolgreichem Messvorgang wird die gebrauchte Messsonde in einem Abfallbehälter entsorgt. Das Bedienungspersonal kann das Sondenmagazin während des Normalbetriebs nachfüllen, ohne den abgesicherten Arbeitsbereich des Roboters betreten zu müssen. Die Abläufe für die Probennahme ähneln der Temperaturmessung und können jetzt auch automatisiert werden.

Im Kokillenbereich wird das Gießpulver für die Kokille nach dem gleichen Konzept aufgebracht wie im Verteilerbereich das Abdeckpulver. Das kontrollierte Einbringen des Pulvers hat den Vorteil einer gleich bleibenden Qualität. Auf die

Verwendung von mehr oder weniger komplizierten Manipulatoren wie sie bis dato zum Einsatz kamen, kann verzichtet werden und die Gefahren durch eine Überschneidung der Arbeitsbereiche Mensch/Maschine entfallen. Bisher wurde das Abschlacken der Kokille bei Gießende oder auch während des Gießens ausschließlich manuell vom Bedienpersonal durchgeführt. Mit neu entwickelten Werkzeugen kann diese Aufgabe auf einfache Weise der Roboter ausführen. Sollen verschiedene Schmelzen voneinander getrennt werden, so müssen Qualitätstrennbleche in die Kokille eingesetzt werden. Bisher musste dazu der Bediener direkt auf der Kokille beim Flüssigen Stahl stehen. Durch einen neu entwickelten Mechanismus kann auch diese gefährliche Arbeit vom Roboter ausgeführt werden.

Die in den vorangegangenen Kapiteln angeführten Funktionen stellen einen Teilbereich der Robotermöglichkeiten dar und können bei Bedarf entsprechend erweitert werden. Ein entscheidendes Merkmal stellt dabei die Robotersteuerung dar. Siemens VAI entwickelte dazu einen Motion Controller, welcher modular in Master Slave-Architektur aufgebaut ist. Die Arbeitsabläufe sind parametrierbar und einfach über Schnittstellen in die bestehende Anlagensteuerung einzubinden. In Bezug auf die Anlagen und Betriebssicherheit wurde der Motion Controller mit einem integrierten Sicherheitssystem ausgerüstet. Durch die modulare Bauweise der Steuerung und der mechanischen Komponenten sind jederzeit Erweiterungsmöglichkeiten für die Roboteranlage gegeben.

Zusammenfassung

Die 3D-CAD-Layoutstudien, Robotersimulationen und Laborversuche haben gezeigt, dass alle Elemente eines voll automatisierten Gießbühnenbetriebs mit einer begrenzten Anzahl von Robotern realisierbar sind. Dies hat bereits Stahlwerksbetreiber überzeugt. Eine wichtige Rolle kommt dabei der Positionserfassung durch ein Sensorsystem zu, das speziell für die Bedürfnisse im Stahlwerksbereich entwickelt wurde. Siemens VAI wird diese Technologie konsequent weiterentwickeln. Die ersten Roboteranlagen dieser Art werden mit bereits definierten Funktionen im Jahr 2007 in Betrieb gehen.

Für jeden Stahlwerksbetreiber steht neben der Sicherheit auch der wirtschaftliche Nutzen im Vordergrund. Eine rasche Realisierung sowie Implementierung mit kurzer Umbauzeit und Inbetriebnahme ist für eine derartige Investition von entscheidender Bedeutung. Daher wurde das gesamte Konzept an die erfolgreiche Philosophie der mechatronischen Pakete im Sinne der Formel „Connect and Cast“ ausgerichtet und modular erweiterbar gemacht. Auf diese Weise ist es möglich, dass sich die Sicherheitsstandards im Laufe der Zeit erhöhen werden und in absehbarer Zeit kein Bedienungspersonal mehr in gefährlichen Umgebungen arbeiten muss. Dies gilt insbesondere im Flüssigstahlbereich von Stahlwerken.

* Andreas Jungbauer, Johann Penn und Franz Wimmer

Siemens VAI Metals Technologies, Linz, Österreich

Tel. +43/732/6592-5540

E-Mail: andreas.jungbauer@siemens.com

***Erschienen im "S&I-Kompendium 2007", Verlag publish industry, München
Ausgabe 2007, April 2007***

Leseranfragen bitte unter dem Stichwort „**I&S 0706.5498**“ an:

Siemens AG, I&S GC MR, Roland Hensel, D-91050 Erlangen,

Tel.: 09131-7-44432, Fax: 09131-7-25074

E-Mail: roland.hensel@siemens.com