

Qualitätsprüfung von Kugelschreiberkugeln

Kugeln für Kugelschreiber wurden bis anhin manuell kontrolliert. Da die Fehlerrate sehr hoch ist, entwickelten wir eine automatische Prüfanlage. Die Lösung mit optischem Bildverarbeitungssystem wird vorgestellt.

STEFAN HÄNSELER
MANUEL STUDER

Wer kennt ihn nicht, den Kugelschreiber, der zu viel Tinte verliert oder nicht richtig schreibt? Jeder ärgert sich darüber, denn der Kugelschreiber ist selbstverständlich und alltäglich. Selbst ein billiger Werbekugelschreiber ist ein hochpräzises Werkzeug, das höchste Ansprüche an Qualität stellt. Nur so kann garantiert werden, dass die Kugel sauber rollt und nicht zu viel oder zu wenig Tinte auf die Schreibfläche gelangt. Das Kernstück, die Kugel, meist aus gesinter-

tem Hartmetall hergestellt und anschliessend geschliffen und poliert, ist dabei so wichtig, dass eine 100%ige Kontrolle jeder Kugel unabdingbar ist.

Optische Kontrolle

Nahezu alle Kugeln für Schreibgeräte stammen aus dem asiatischen Raum. Sie werden von blossem Menschenauge kontrolliert. Diese Art der Kontrolle genügt den heutigen Marktansprüchen allerdings immer weniger: Die manuelle Kontrolle ist sehr unzuverlässig, werden damit doch rund 10% der fehlerhaften Kugeln übersehen – Kugelschreiber, deren Benutzer sich ärgern. In Form einer Diplomarbeit wurden in Zusammenarbeit mit einer chinesischen Firma Möglichkeiten für die Automation dieses Prüfprozesses gesucht. Mit dem Projekt wurde für ein von namhaften Experten als nahezu unlösbar eingestuftes Problem eine einfache, effiziente Lösung entwickelt.

Herstellungsprozess

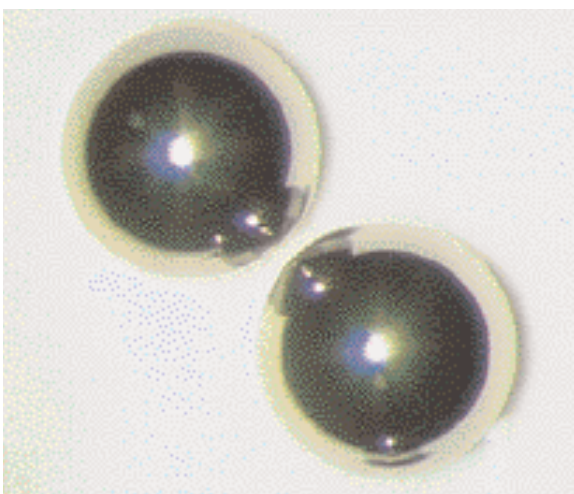
Wo liegt die Schwierigkeit, dass innovative Hersteller, ausgerüstet mit Hightech-Anlagen und dem Wissen über die neusten Technologien, diese aufwändige Inspektionsaufgabe auch heute noch von Hand ausführen lassen? Die Kugeln durchlaufen einen langen Herstellungsprozess, während dem sie verschiedenen Einflüssen ausgesetzt sind und dadurch verletzt werden können. Unrunde Kugeln werden

bereits vor dem Polieren aussortiert. Nach dem Polieren können die hochglanzpolierten Kugeln sehr kleine Oberflächenverletzungen in Form von Kratzern oder porösen Löchern aufweisen. Da diese die Funktion des Kugelschreibers in Frage stellen, müssen die Kugeln ein weiteres Mal geprüft werden. Eine Automatisierung dieser Prüfung ist aber alles andere als einfach. Die Kugelgrösse und geringe Kugelmasse machen die kontrollierte Positionierung und Orientierung der Prüflinge höchst anspruchsvoll und schwierig. Die Prüfung muss ausserdem über die ganze Oberfläche gewährleistet sein. Ein zusätzliches Problem für die Messtechnik stellt die hochglänzende Oberfläche der Prüflinge dar. Betrachtet man eine Kugel bei Tageslicht, so spiegelt sich darauf die ganze Umgebung, die Fehler aber sind nur sehr schwierig zu erkennen.

Überlegt man sich, was ein durchschnittliches Schreibgerät im Laden kostet und aus wie vielen Teilen ein Kugelschreiber besteht, lässt sich leicht vorstellen, dass für eine aufwändige Prüfung kaum Kosten anfallen dürfen.

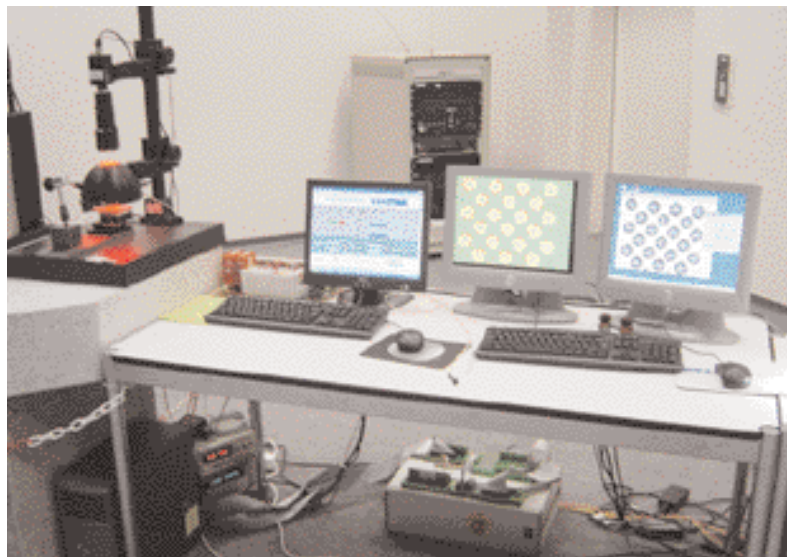
Automation als Diplomarbeit

Im Frühjahr 2003 wurde das Projekt «Insight China 2003» der Fachhochschule Solothurn Nordwestschweiz lanciert. Anlässlich dieses Projekts besuchte eine Dele-



Zwei mit Axial-Licht beleuchtete Kugeln. Der weisse Punkt widerspiegelt die Beleuchtung, der weisse Rand der Kugel widerspiegelt die weisse Unterlage. Sehr schön zu sehen ist, wie sich die zwei Kugeln ineinander abbilden, wobei bei der unteren Kugel noch eine dritte Kugel im Spiegelbild zu sehen ist. Die Kugel unten rechts weist zudem einen kleinen Oberflächenfehler auf (direkt unter dem Beleuchtungspunkt). (Bilder: ZVG)

Laboraufbau, der im Rahmen der Diplomarbeit realisiert worden ist. Die Arbeit wurde am «Tag der offenen Tür» an der FHSO ausgestellt. Das Bild zeigt die Anlage am Ausstellungsplatz. Zu sehen ist (v.l.n.r.) die Prüfstation (mit Kamera, Beleuchtung, Lochmaskenhalterung und Kreuztischen), die Steuerung für die Kreuzachse, das Ergebnis einer Messung und die Steuerung des Visions.



gation von Studenten in China neben einer Partner-Universität und anderen wirtschaftlich bedeutenden Firmen und Institutionen auch den in Shanghai etablierten Weltmarktleader für die Herstellung von Metall- und Keramikugeln.

Bei der Besichtigung der Produktionsstätte vor Ort hinterfragten wir die unzuverlässige, herkömmliche Inspektionsart unter dem Mikroskop. In einer angeregten Diskussion mit dem Geschäftsführer erklärte dieser, dass er schon einige Inspektionsmethoden und entsprechende Maschinen geprüft hatte. Der nötige hohe Durchsatz, zusammen mit den minimalen finanziellen Möglichkeiten, hatte eine automatisierte Inspektion bis heute nicht zugelassen.

Die zwei Studenten aus den Fachbereichen Informatik und Automation waren zu diesem Zeitpunkt bereits ein eingespieltes Team und gaben für das vorliegende Problem eine Diplomarbeit ein. Mit der Benützung der modernen Kommunikationsmöglichkeiten

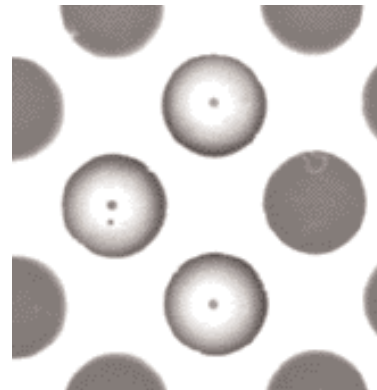
wie E-Mail und Videokonferenz über Internet stellte sich die Zusammenarbeit als unproblematisch heraus.

Lösung – kein Zufall

Um die sehr kurze Dauer der Diplomarbeit von drei Monaten möglichst effizient zu nutzen, waren ein systematisches Vorgehen, eine saubere Arbeitsteilung und eine durchgehende Planung unabdingbar. In einer ersten Projektphase wurden eine umfassende Marktrecherche und ein grosser Ideenpool angelegt. Die Inspektionsaufgabe wurde in Teilprobleme und einzelne Module aufgeteilt, und es wurden entsprechend Ideen gesammelt. Selbst die verrücktesten, praxisfremdesten Ansätze wurden in einem morphologischen Kasten dokumentiert. Antworten auf Fragen holte man sich von Fachleuten aus Herstellerfirmen und auf Messen. Durch dieses systematische Vorgehen entstanden viele Entscheidungsfreiheitsgrade. Gestützt auf die umfassende Evaluierungsphase konnte die endgültige Lösung schrittweise und stets durch klare Entscheidungen ausgearbeitet werden.

Die Lösung

Kurz gesagt, beruht die Lösung auf der folgenden Vorgehensweise:

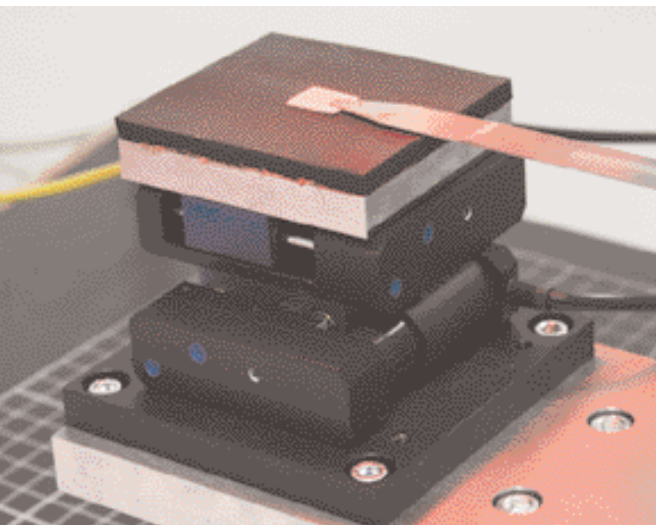


Ausschnitt der Lochmaske, die mit zwei guten und einer fehlerhaften Kugel bestückt ist. Die verwendete Beleuchtung, eine modifizierte Dombelichtung, macht die Fehler auf den Kugeln sehr schön sichtbar. Der schwarze Punkt in der Mitte ist beleuchtungsbedingt, der zweite schwarze Punkt bei der mittleren Kugel ist ein Oberflächenfehler.

Die Kugeln werden in einer Lochmaske fixiert. Durch eine spezielle Beleuchtung werden die Prüflinge optimal ausgeleuchtet. Mit dem Bewegen des Untergrunds werden die Kugeln gedreht und von allen Seiten sichtbar gemacht. Auf diese Weise werden Fehler bzw. Verletzungen der Oberfläche erkennbar. Mittels Vision werden die Bilder dann ausgewertet. Das Prinzip beruht auf der Gegebenheit, dass eine Kugel in jeder Lage gleich aussieht, es sei denn, die Oberfläche weist ei-

Mail-box

Fachhochschule Solothurn
Nordwestschweiz, Jürg P. Keller
Riggenbachstr. 16, 4600 Olten
Tel. 0848 82 10 11, www.fhso.ch
Stefan Hänseler
Am Naglerbach 1, 4800 Zofingen
Tel. 079 285 64 04
s.haenseler@robotec-ag.com
Manuel Studer, Marktgasse 15
4600 Olten, Tel. 076 560 91 15
manuel.studer@switzerland.org



Teil des Laboraufbaus. Zu sehen ist die Rollauflage, montiert auf einem X/Y- Kreuztisch. Darüber montiert die fixierte Versuchslochmaske (25 Löcher) mit entsprechender Aufhängung.

nen Fehler auf. Die einzelnen Komponenten tragen wie folgt zur Gesamtlösung bei:

Beleuchtung

Um die Fehler optimal sichtbar zu machen, wird ein diffuses Licht benötigt. Denn schon kleinste, konstruktionsbedingte Objekte an der Beleuchtung werden im Spiegelbild auf der Kugeloberfläche sichtbar. Durch eine modifizierte Dom-Be-

leuchtung kann die Kugeloberfläche ohne Störeinflüsse betrachtet werden.

Lochmaske

Eine präzise Lochplatte wird mit einer Anzahl zu prüfenden Kugeln bestückt. Die Lochmaske dient als seitliche Führung der Kugeln, die auf einer X/Y-Kreuztischplatte aufliegen. Durch Bewegen der X/Y-Achsen werden die Kugeln in der fixierten Lochmaske gedreht. Durch einen geeigneten Bewegungsablauf wird der darüber montierten Kamera die ganze Oberfläche jeder Kugel präsentiert.

Die Kreuztischplatten und die Innenwände der Bohrungen in der Lochmaske müssen höchste Oberflächengüte aufweisen, um die Kugeln ruhig drehen zu können.

Vision

Die Erkennung der Oberflächenfehler basiert auf dem Prinzip der Differenzmessung. Die Kugeln werden während des Drehens kontinuierlich aufgenommen. Dabei wird jeweils zwischen zwei aufeinander folgenden Bildern die Differenz berechnet. Ist die Kugeloberfläche einwandfrei, ergibt sich keine Differenz. Weist die Oberfläche einen Fehler auf, entstehen zwischen zwei Bildern lokale Differenzen. Mittels eines Tracking-Verfahrens lässt sich die Qualität der Differenzmessung noch verbessern. Da die Löcher in der Lochmaske leicht grösser als der Kugeldurchmesser sein müssen, können sich die Kugeln während der Drehung noch in den gegebenen Grenzen des Loches frei bewegen. Mit dem Messen der relativen Verschiebung der Kugel im Loch können die jeweiligen Differenzbilder individuell auf die einzelnen Kugeln angepasst werden. Der Algorithmus für die Erkennung der Oberflächenfehler ist bewusst einfach gehalten. Nur so wird es in einem weiteren Schritt möglich sein, möglichst viele Prüflinge in einem Durchgang zu prüfen.

Zuverlässigkeit

Das erarbeitete Prüfprinzip wurde in einem Laboraufbau hinsichtlich Zuverlässigkeit und Güte statistisch verifiziert. Für die Tests wurden vom Kunden je ein Set fehlerhafter und fehlerfreier Kugeln zur Verfügung gestellt. Mit mehreren Testläufen konnte eine Aussage über die Güte der Prüfung gemacht werden. Dabei galt es herauszufinden, wie viele gute Kugeln als fehlerhaft und wie viele fehlerhafte als gut durch den Test gingen. Die erreichte Prüfgüte lag bei bis zu 97%. Das Resultat dieser Testreihe verifizierte somit das entwickelte Prüfprinzip. Zu beachten gilt es, dass die Prüfgüte mit qualitativ hochwertigeren Komponenten noch verbessert werden kann.

Ausblick

Aus einer spontanen Idee wurde ein wirtschaftlich interessantes Projekt. Die Arbeiten wurden seitens Schule mit der Höchstnote honoriert, und der Kunde zeigte sich begeistert. Der Prototyp für das erarbeitete Prüfverfahren ist jetzt bereits in Bearbeitung. Das Projektteam hat die Erfahrung gemacht, dass mit Systematik und Kooperation von Fachkompetenzen eine effiziente Entwicklung möglich ist. Das methodische Vorgehen erleichterte die Entscheidungen über die beschrittenen Wege.

Für den Unternehmer in China haben sich neue Perspektiven in Bezug auf Qualitäts- und Durchsatzsteigerung eröffnet. Seine Konkurrenzfähigkeit kann gewährleistet werden, was für einen langfristigen Erhalt der Arbeitsplätze unabdingbar ist.

Der Markt für Hartmetallkugeln entwickelt sich zunehmend positiv. Und: Neben Kugelschreibern werden immer wieder neue Anwendungsgebiete für den Einsatz der Kleinstpräzisionskugeln gefunden. ■

Inserat

vt verpatec ag
Eichtal
8634 Hombrechtikon
tel. 055 254 10 00
www.verpatec.ch

Know-How das schützt

- koffer
- behälter
- schaumstoffeinlagen
- eps-/ epp-formschaum

harte schal e...