

Erfolgreich gepunktet

Das Rohrbiegen im Fahrzeugbau ist eine Sache für sich: Die Rohre sollen die Toleranzen aller Anschlussbauteile aufnehmen und ausgleichen und müssen zudem im übrig bleibenden Bauraum untergebracht werden. Entsprechend schwierig herzustellen sind die dreidimensionalen Geometrien der Rohre. Anstelle der früher üblichen Lehren setzt MAN Nutzfahrzeuge in München dazu jetzt einen Faro Messarm in Kombination mit einer speziellen Rohrsoftware ein.



Im Vergleich zu den Auspuffrohren von Personenkraftwagen erscheinen die Systeme in der großen Rohrbiegerei bei MAN Nutzfahrzeuge in München mit ihren Durchmessern von 150 mm gewaltig. Aber auch diese Rohre müssen auf engstem Raum untergebracht werden. „Und der Bauraum wird immer enger“, erläutert Helmut Friedrich, Biegespezialist in der großen Rohrbiegerei, die Tendenzen. „Bei den Auspuffrohren für Baustellenfahrzeuge, die über die Dachhöhe hochgezogen werden, damit kein Wasser ins System eindringen kann, werden Biegungen von $0,8 \cdot D$ realisiert. Und bei den jüngeren Modellen kommt man oft ohne Bogen-in-Bogen-Biegungen nicht mehr hin.“

Für diese Bogen-in-Bogen-Biegungen werden zwei CNC-programmierbare Biegemaschinen – eine Pulzer Maschine für Durchmesser bis 65 mm und eine Schwarze-Robitec-Maschine für Durchmesser bis 150 mm – eingesetzt. Sind die Maschinen erst mal eingerichtet, läuft die Fertigung auch in aller Regel ohne Probleme. Schwierig allerdings ist das Einrichten selbst, denn dazu müssen die Rohre vermessen, die Rückfederung ermittelt und den Radien zugeordnet und als Überbiegungen ins Biegeprogramm geschrieben werden. Und eine ähnliche Prozedur muss dann in der laufenden Fertigung zur Qualitätskontrolle durchgeführt werden.

Messstation mit Faro Messarm, Auswerte-Laptop und Biegeteil in der großen Rohrbiegerei bei MAN



**Bogen-in-Bogen-
Biegen mit
Mehrfachradien-
Werkzeugen auf
einer Biege-
maschine von
Schwarze Robitec**

Früher liefen diese Prüfungen mit Lehren, in welche das fertig gebogene Rohr eingelegt wurde. An den maßgeblichen Punkten musste das Rohr in die Messaufnahmen passen. Wenn nicht, lag es mehr oder weniger an den Fertigkeiten und Fähigkeiten des Biegefachmanns zu eruieren, welcher Radius des Gesamtgebildes wie zu korrigieren war, damit das Rohr im Maß bleibt. Diese Lehren ließen sich auch nicht durch die noch heute im Messraum bei MAN vorhandene Koordinatenmessmaschine ersetzen. Die großen und unhandlichen Rohre mussten hier oft umgespannt werden und entsprechend fehlerbehaftet und langwierig waren die Messungen. Und während der Messzeit konnte die einzurichtende Rohrbiegemaschine ja auch nicht fertigen.

MAN hat sich deshalb vor rund einem Jahr nach einiger Beratung zur Anschaffung eines Platinum-Messarms von Faro in Kombination mit der speziell für die Rohrbearbeitung entwickelten Software von VR-Tube von TubeExpert entschlossen. Zugegeben: ein Messarm wirkt auf den ersten Blick weniger Vertrauen erweckend als eine Koordinatenmessmaschine. Und doch erreichen nach Angaben von Christian Baugut, Regionalleiter Süd von Faro, moderne Messarme höhere Messgenauigkeiten als Koordinatenmessmaschinen. So liegt die Mess-toleranz bei dem Platinum-Messarm bei MAN mit einer Auslegung von 2,4 m bei +/- 0,05 mm. Zudem ist der Messarm innerhalb seines Messraumes flexibel: Messpunkte können im gesamten Bereich nahezu von allen Richtungen an-

gefahren werden und das ganze System ist portabel und kann an wechselnden Orten genutzt werden. Technischer Trick dahinter ist die im Arm integrierte Rech-nereinheit, die alle Daten verarbeitet und auf ein im Fuß des Messarms lokalisiertes Koordinatensystem bezieht. Aus den Daten der Rotationsgeber an allen Gelenken des Messarmes errechnet die Rechneinheit zu jedem Zeitpunkt den Ort des Messkopfes im Messarmkoordinatensystem. Es bedarf dann nur noch einiger Transformationen, um aus diesen Daten die exakte Objektgeometrie abzuleiten. Das aber ist Aufgabe der eingesetzten Mess- und Auswertesoftware und nicht des Anwenders.

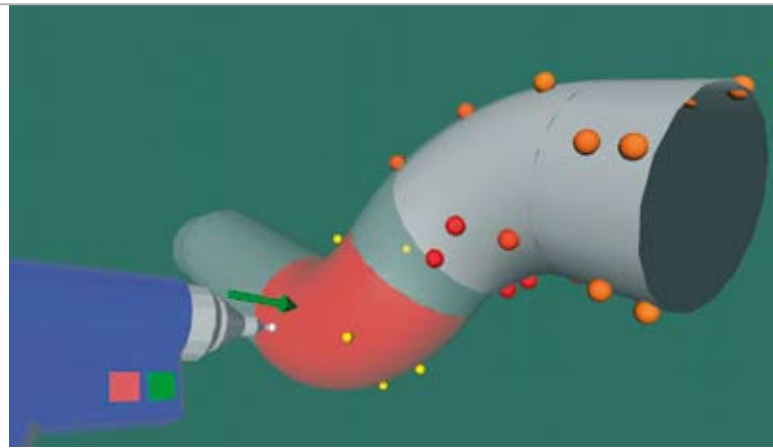
Der Messvorgang selbst gestaltet sich für den Anwender problemlos. Ein Servosystem im Arm sorgt dafür, dass der Messarm im gesamten Arbeitsbereich kraftlos bewegt werden kann. Den Messkopf führt der Anwender ganz handlich mit einem Pistolengriff, auf dem auch durch einen Druckknopf der Messvorgang ausgelöst wird. Bei der Wahl der Messstrategie, der Messpunkte und der Auswertung von Messergebnissen kommt dann die Software von TubeExpert ins Spiel.

Die Messsoftware

„Rohre“, so sagt Christian Leistriz, Software-Entwickler bei TubeExpert, „sind in den meisten Konstruktionen verbindende Elemente, welche die Toleranzen der Anschlusskonstruktionen ausgleichen. Zudem werden die Rohre in aller Regel auch noch als Mittellinie konstruiert – und nicht als Volumenteil.“ Beides bereitet bei der



Lehren zur Prüfung der gebogenen Rohre werden heute nur noch für gebaute Teile eingesetzt.



Das Programm weist den Bediener an, Messpunkte in einem bestimmten Bereich anzufahren.

späteren Fertigung und Qualitätsprüfung Probleme. Bei manchem Fahrzeug addieren sich die tatsächlichen Toleranzen in der Praxis so unglücklich, dass für das Biegeprogramm des einzufügenden Rohrs die Konstruktionsdaten nicht mehr zu verwenden sind. Friedrich bestätigt, dass er selbst recht häufig die Bauteilteilaten erst am Muster-LKW herausmisst, bevor er die Biegeprogramme erstellt. Und für den Einbau kommt es natürlich auf die Außenkontur des Rohres an, wenn es darum geht, dass es eben nicht an die Umgebungskonstruktion anschlagen darf. Und natürlich lässt sich bei Qualitätskontrollen die Mittellinie messtechnisch nicht erfassen, messbar ist nur die Ober- bzw. Mantelfläche des Rohres, während für die NC-

Programmierung der Biegemaschine wiederum die Mittellinie des Rohres gebraucht wird.

TubeExpert hat eine ganze Reihe von Softwaremodulen für die Rohrbearbeitung entwickelt, die sowohl einzeln als auch im Paket angeboten werden und auf eben diese Besonderheiten bei der Rohrverarbeitung eingehen. So nutzt beispielsweise Helmut Friedrich das Modul VR Tube Pathfinder, um über die Messdaten des Faro-Arms die aus den am Muster-LKW herausgemessenen Anschlussdaten die CAD-Daten der Rohrkonstruktion zu ermitteln. Das früher übliche handgebogene Modell entfällt. Die CAD-Rohrgeometrie dient dann als Basis für das Maschinenprogramm und die Qualitätskontrolle.

Zum Ausmessen der gebogenen Rohre sowohl zum Einrichten als auch im Rahmen der Qualitätskontrolle setzt Helmut Friedrich die Software VR Tube Measuring ein. Mit dem Faro Messarm wird damit die Kontur des tatsächlichen Rohres mit relativ wenigen Messpunkten und auf einfache Art und Weise ermittelt. Das Rohr wird auf den Messtisch aufgelegt und der Rohrlängsachse durch Anfahren der Stirnflächen festgelegt. Danach fährt der Bediener verschiedene Messpunkte auf der Rohroberfläche an, wobei durch zusätzliche Angaben, ob die Messpunkte auf einem geraden oder einem gebogenen Rohrabchnitt liegen, das Programm schon die Rohrkontur errechnet. Auf dem Bildschirm des Mess-PC wird sofort eine schattierte 3D-Kontur des Rohres angezeigt. Im Vergleich mit den Soll-Daten kann bereits

festgestellt werden, ob das gemessene Rohr innerhalb der zulässigen Hüllkurve liegt. Korrekturdaten für das Maschinenprogramm lassen sich aus den Tabellen und Grafiken unmittelbar ablesen.

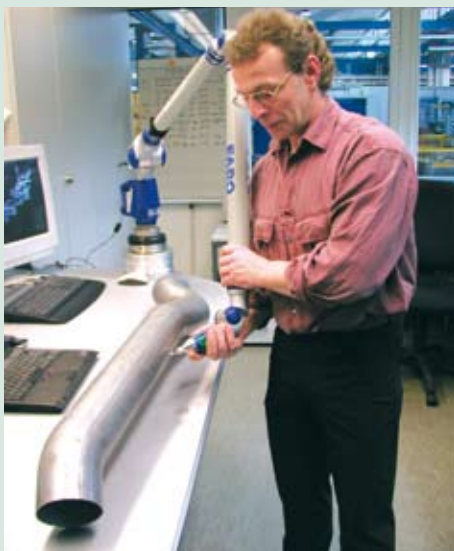
Es bleibt im Prinzip dem Bediener überlassen, welche Messpunkte er anfährt. Für eine systematische Qualitätskontrolle allerdings lassen sich Prüfroutinen programmieren. In diesen wird für jedes Teil festgelegt, welche Zahl an Messpunkten in welchem Rohrabchnitt aufzunehmen sind. Diese Routinen legt Helmut Friedrich im Vorfeld fest, so dass die Bediener im laufenden Prinzip ihre Qualitätsprüfung selbst durchführen können. Wird dann üblicherweise je Palette eine Stichprobe gezogen, schaltet der Bediener die Routine ein und das Programm führt ihn in einem Menü durch die Messstrategie.

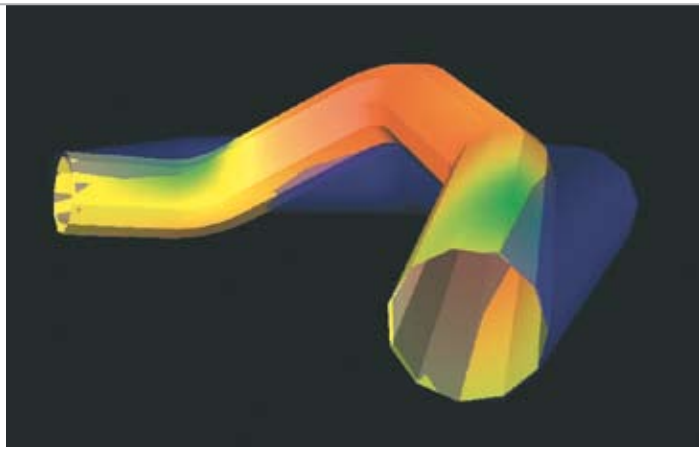
Friedrich und Leistritz weisen selbst darauf hin, dass bei Einsatz des Tastkopfs die Zahl der Messpunkte einerseits beschränkt ist und andererseits der Bediener immer noch ungünstig liegende Messpunkte anfahren könnte. Das sei zwar noch nicht vorgekommen, betonen Friedrich und Leistritz, aber sicherer wäre der Einsatz eines – ungleich teureren – Laserscanners, der die Oberfläche mit bis zu 19 000 Punkte/s aufnimmt und damit eine umfangreiche Punktwolke und also ein genaueres Abbild der Geometrie liefert.

Vorteile bei MAN

Nach einem Jahr intensiven Einsatz des Systems Faro Messarm und VR Tube Software ist Helmut Friedrich von den

Messen in allen Positionen und Richtungen. Helmut Friedrich, Segmentfachkraft in der großen Rohrbiegerei, zeigt, wie die Messpunkte mit dem Faro Arm aufgenommen werden.





Die schattierte Kontur wird angezeigt. Rohrbereiche außerhalb der Hüllkurve sind markiert.

Vorteilen des Systems überzeugt. Und diese Vorteile lassen sich in Kubikmetern freigeräumter Regalfläche angeben, denn seit der Faro Messarm eingesetzt wird, konnte Helmut Friedrich die alten Rohr-Lehren entsorgen. Deren Funktion hat überwiegend der Messarm übernommen. Außer bei einigen wenigen gebauten Teilen, die aus einzelnen hergestellten geraden und gebogenen Abschnitten geschweißt werden, setzt Friedrich weiterhin Lehren ein. „Ohne den Faro Messarm und die Messsoftware wäre“, so bestätigt Friedrich rückblickend, „das Bogen-in-Bogen-Biegen nicht oder nur mit sehr viel größeren Schwierigkeiten in der Fertigung umzusetzen gewesen.“ Und es kommt hinzu, dass nur so eine Dokumentation der Messungen möglich ist, denn ob ein Teil in der Lehre richtig lag oder nicht, war alleine eine Entscheidung des Bedieners, die dann nicht mehr nachzuvollziehen war.

Friedrich jedenfalls ist sowohl mit dem Messarm als auch mit der Software hoch zufrieden. Das umso mehr, weil TubeExpert die Software in den letzten Monaten an viele, teils spezielle MAN-Aufgaben angepasst hat. Dabei seien allerdings auch allgemeingültige Features in die Software eingeflossen, von der in Zukunft alle User der Software profitieren werden, ergänzt Christian Leistritz. Und über den Einsatz eines Laserscanners wird bei MAN auch schon nachgedacht.

- al -

FARO Europe GmbH & Co. KG

Ingersheimer Straße 12, D-70499 Stuttgart
Tel.: +49 711 22224-0, Fax: +49 711 22224-44
E-Mail: info@faro-europe.com
Internet: www.faro.com

MAN Nutzfahrzeuge AG

Dachauer Straße 667, D-80995 München
Tel.: +49 89 1580-01, Fax: +49 89 150 39 72
E-Mail: info@man-mn.com
Internet: www.man-mn.de

TubeExpert

Internet: www.TubeExpert.com