

Nutzerschnittstelle der Software *SimData*

The screenshot displays the SimData software interface. It features a table for 'Available unit data' with columns for Unit, Number of rollers, Lower limit of straightening range, and Upper limit of straightening range. Below this is a section for 'Specified straightening unit' with a photograph of the hardware. To the right, there are input fields for 'Wire data' (Diameter, Yield point, Modulus of elasticity, Flange bend radius, Curvature) and 'Adjustment' (Roller 2, 4, 6, 8, 10, 12). A 'Profile' bar chart is also visible at the bottom right.

Positionierung von Richtrollen

Die mit einem Rollenrichtapparat erreichbare konstante Richtqualität steht und fällt mit der gewählten Anstellung der Richtrollen. Dabei ist der Prozess, die optimalen Rollenpositionen zu finden, im Hinblick auf den Bedarf an Zeit, Arbeit und Verbrauch von Prozessmaterial teuer. Vor diesem Hintergrund unterstützt die Software *SimData* auch nicht erfahrenes Bedienpersonal bei der Positionierung der Richtrollen.

Rollenrichtapparate und -systeme, deren Elemente sowie die damit erreichbaren Ergebnisse rücken bei der Herstellung und Verarbeitung von drahtförmigen Prozessmaterialien mehr und mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Der Rollenrichtprozess wird zudem mit sich wandelnden Produktionsprozessen, die durch zunehmende Automatisierung und Verkettung gekennzeichnet sind, höheren Produktionsgeschwindigkeiten, entwickelten Werkstoffen und einem gestärkten Qualitäts- und Umweltbewusstsein konfrontiert. Durch fortschrittliche Richttechnik ist es möglich, diesen Anforderungen zu genügen. Bedeutung erlangen insbesondere technische Lösungen, die eine reproduzierbare und genaue Positionierung der Richtrollen sicherstellen.

Ermittlung der Rollenpositionen

Jede technische Lösung setzt jedoch das Wissen um die jeweils erforderlichen Rollenpositionen voraus. Ist dieses Wissen nicht verfügbar, muss es erarbeitet werden, wobei auf diesen subjektiv geführten Prozess ein hoher Aufwand an Zeit, Material, Arbeit und Energie entfällt. Aus ökonomischer wie technischer Sicht ist dieser Zustand nicht vertretbar.

Witels-Albert verfolgt aus diesem Grund seit einigen Jahren die Zielsetzung, den Rollenrichtprozess virtuell abzubilden und die Rollenpositionen *a priori* zu ermitteln. Wie zahlreiche Richtversuche belegen, gelingt dies durch die Simulation des Rollenrichtprozesses. Grundlage der Simulation ist ein theoretisches Modell zur elastisch-plastischen Wechselverformung eines Prozessmaterials sowie der Zusammenhang zwischen Biegemoment und Krümmung, der für jede im Richtapparat stattfindende Biegeoperation bestimmbar ist. Damit kann der Krümmungsverlauf des Richtgutes $\kappa(x)$ ermittelt werden, der zur Berechnung der Rollenpositionen $a_{Ri} = y(x)$ durch numerische Integration der für Verformung durch Biegung gültigen Differentialgleichung zweiter Ordnung führt.

$$\kappa(x) = \frac{y''(x)}{\sqrt{(1 + y'(x)^2)^3}}$$

Voraussetzung für eine Prozesssimulation ist die Kenntnis der Eigenschaften des Prozessmaterials sowie die der geometrischen Randbe-

dingungen des jeweiligen Richtapparates.

Im Hinblick auf die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten von Richtapparaten, der Mannigfaltigkeit von Typen und Baugrößen sowie die unterschiedlichen Zielsetzungen differenzierter Richtprozesse, kommt verbreitet der Wunsch auf, die Prozesssimulation direkt im Umfeld der Drahtherstellung oder -verarbeitung zum Einsatz zu bringen. Dabei soll das Bedienpersonal selbst eine Ermittlung der erforderlichen Rollenpositionen realisieren. Mit Blick auf die Komplexität der Prozesssimulation wurde deshalb ein Verfahren entwickelt, das zu Ergebnissen führt, die unter Nutzung einer einfach zu bedienenden Software auch unerfahrenem Bedienpersonal erlaubt, selbständig die Rollenpositionen zur Erreichung einer definierten Fertigproduktqualität zu ermitteln.

Verfahren

Wird von einem gestalteten Richtapparat ausgegangen, definiert sich ein Richtprozess sowie die erreichbare Richtqualität primär durch den Durchmesser d des Runddrahtes und das Werkstoffverhalten des Prozessmaterials. Theoretische wie experimentelle Untersuchungen belegen, dass beim Werkstoffverhalten die Dehngrenze R_p sowie der Elastizitätsmodul E des Prozessmaterials zu

Der Autor Dipl.-Ing. Marcus Paech ist Technischer Geschäftsführer der Witels Apparate-Maschinen Albert GmbH, D-12277 Berlin.

den elementaren Parametern zu zählen sind. Die Ursache dafür liegt in den Gesetzmäßigkeiten einer elastisch-plastischen Wechselverformung, ohne die eine Richtwirkung mit einem Richtapparat nicht erzielt werden kann. Neben dem Durchmesser des Runddrahts sind also die Dehngrenze sowie der Elastizitätsmodul als Kennwerte des Verfahrens festgelegt.

Sekundär für den Richtprozess wie für die Richtqualität ist der Krümmungsradius des einlaufenden Prozessmaterials, wenn in Abhängigkeit des Richtbereiches des Richtapparates von einem minimalen Krümmungsradius r_{\min} ausgegangen und im Vorgebiet Rollenpositionen berücksichtigt werden, die ausreichend große elastisch-plastische Verformungen sicherstellen. Somit kann dem Richtbereich eines Richtapparates ein fester Wert für den Krümmungsradius $r = r_{\min}$ als weiterer Kennwert des Prozessmaterials zugeordnet werden. Danach steht die Baugröße eines Richtapparates in direkter Beziehung zum Krümmungsradius des Drahtes.

Das Verfahren sieht vor, die Prozesssimulation für Runddrähte nacheinander auf alle Richtapparate von Witels-Albert anzuwenden. Für einen spezifischen Richtapparat werden aus der Menge der Dehngrenze des Prozessmaterials M_{Rp} , der Menge des Elastizitätsmoduls M_E sowie der Menge des Drahtdurchmessers M_d jeweils ein Element für eine Prozesssimulation ausgewählt, die Simulation mit diesen Daten durchgeführt und die Ergebnisse in einer Datei gespeichert. Die wiederholte Durchführung der Prozesssimulation ent-

spricht einer Variationsrechnung, die alle Informationen für die Einstellung des jeweiligen Richtapparates in Bezug zu den primären Kennwerten Dehngrenze R_p , Elastizitätsmodul E und Drahtdurchmesser d sowie zum sekundären Kennwert des Prozessmaterials Krümmungsradius r bereitstellt.

Die Tabelle dokumentiert die Mengen sowie ihre Elemente für einen Richtapparat ER 7-3,0, dem ein Krümmungsradius von $r = 250$ mm fest zugeordnet wird. Unter Berücksichtigung der Elementanzahl der jeweiligen Mengen ergeben sich für das Beispiel gemäß der Tabelle insgesamt 392 mögliche Kombinationen für die Variationsrechnung.

Mengen und Elemente einer Variationsrechnung für den Richtapparat ER 7-3,0

| Menge | Elemente |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| M_{Rp} | {400; 600; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2200; 2400; 2600; 2800; 3000} |
| M_E | {180 000; 190 000; 200 000; 210 000} |
| M_d | {1,50; 1,75; 2,00; 2,25; 2,50; 2,75; 3,00} |

Der Informationsgehalt der nach einer Variationsrechnung vorliegenden Ergebnisdatei, die eine Anzahl von Rollenrichtprozessen exakt für einen Richtapparat beschreibt und deshalb auch die Bezeichnung Apparatbibliothek trägt, wird von einer Software (*SimData*) verwendet, um unter Einbeziehung von Vorgaben des Bedienpersonals die erforderlichen Rollenpositionen abzuleiten. Schematisch dokumentiert sind die Nutzung einer Apparatbibliothek (ern_7-15-30.bin), die Verwendung von Vorgaben zum Prozessmaterial (R_p , E , d) und zum Typ des Richtapparates (ER 7-3,0).

Die Rollenpositionen bzw. Anstellungen (a_{ri}) werden von der Software gemäß den Vorgaben ermittelt, visualisiert und können auf Wunsch in einer Datei gespeichert werden.

Mit der Speicherung der Rollenpositionen in einer Datei mit spezifischer Extension (*.adj), steht eine Schnittstelle zum *Computerized Tool* zur Verfügung. Das zur Bedienung dieses modernen Werkzeuges notwendige Programm ist in der Lage, derartige Dateien zu lesen und zur definierten Einstellung von Richtrollen zu verwenden. Gleichzeitig ist es denkbar, dass die Informationen über die Anstellungen an teilautomatisierte Richttechnik oder Maschinen über-

geben werden, bei denen der Richtprozess von essentieller Bedeutung ist.

Software *SimData*

Die Software *SimData* versetzt das Bedienpersonal von Rollenrichtapparaten in die Situation, Rollenrichtprozesse ohne großen Aufwand zu planen. Dabei werden die erforderlichen Positionen für die Richtrollen auf der Grundlage von mathematisch-physikalischen Gesetzmäßigkeiten durch das Bedienpersonal erstmalig objektiv bestimmt.

Als einfaches Programm nutzt *SimData* binär kodierte Apparatbibliotheken, die das Wissen über die Rollenpositionen zur Produktion

einer definierten Fertigproduktqualität enthalten. Ohne eine Änderung des Programms bietet sich jederzeit der Vorteil, neue Bibliotheken zu erarbeiten oder vorhandene Bibliotheken zu verbessern. Darüber hinaus lassen sich differenzierte Zielsetzungen von Richtprozessen berücksichtigen. Beispielsweise sind Bibliotheken denkbar, die die Rollenpositionen für die Produktion von geradem oder definiert gekrümmtem Prozessmaterial beinhalten. Über zeitgemäße Distributionswege gelangen diese schnell weltweit an die Nutzer der Richtapparate von Witels-Albert.

Nach Installation und Start der Software *SimData* werden die Rollenanstellungen eines Richtapparates automatisch berechnet, visualisiert oder gespeichert, wenn das Bedienpersonal die Eigenschaften des Prozessmaterials sowie den Typ des jeweilig verwendeten Apparates vorgibt. Die Nutzerschnittstelle verfügt zu diesem Zweck über entsprechende Eingabefelder sowie Schalter. Die Eigenschaften des Prozessmaterials können in der Regel ohne großen Aufwand ermittelt bzw. recherchiert werden. ■

Weiterführende Literatur: E. Albert; M. Schilling; M. Paech: „We do it straight“ – Drahtrichten. Witels Apparate-Maschinen Albert GmbH, Malteserstraße 151-159, D-12277 Berlin

Verfahren zur Ermittlung und Bereitstellung von Anstellungen für Rollenrichtapparate

