

Drahtzustand inline diagnostiziert

Die Herstellung von Draht bestimmt sich durch die Parameter Quantität und Qualität. Mit der Inline-Draht-Diagnose wird ein Qualitätszertifikat für Draht angestrebt, das eine kontinuierliche und zerstörungsfreie Ermittlung und Dokumentation von Änderungen der technischen Dehngrenze $R_{p0,2}$ des Drahts über die Länge beinhaltet.

Das Verfahren der Inline-Draht-Diagnose hat eine aus zwei Ebenen bestehende Struktur. In einer Vorbereitungsebene nutzt ein Prozesssimulator mathematisch-physikalische Modelle zur virtuellen Abbildung eines Verformungsprozesses. Der Prozesssimulator führt eine Variationsrechnung durch, die einer wiederholten Durchführung einer Simulationsrechnung entspricht. Jede Simulationsrechnung wird mit voneinander verschiedenen diskreten Werten der Variationsparameter realisiert.

Variationsparameter sind der Drahtdurchmesser d und die technische Dehngrenze $R_{p0,2}$, das heißt: die Zielgrößen der Inline-Draht-Diagnose. Unter Einbeziehung des Nennwertes des Drahtdurchmessers und des Nennwertes der technischen Dehngrenze sind die Variationsgrenzen der Variationsparameter durch die zulässigen Abweichungen gemäß der relevanten Richtlinie bzw. der relevanten Lieferbedingung bestimmt. Für Federstahldraht hat beispielsweise die Richtlinie DIN EN 10270-1 Gültigkeit. Neben den Daten des Prozessmaterials Draht erfolgt jede Simulationsrechnung unter Berücksichtigung der geometrischen Daten eines Diagnosegerätes, das einen ähnlichen Aufbau wie ein Rollenrichtapparat besitzt. Weitere physische Elemente des Verfahrens sind ein dem Diagnosegerät vorgeordnetes Richtsystem und ein Gerät zur Identifikation des Drahtdurchmessers.

Die Apparate des Richtsystems und das Diagnosegerät (Bild 1) nutzen definierte einstellbare Rollen als Werkzeuge zur Gestaltung der Richtprozesse beziehungsweise zur Gestaltung des Diagnoseprozesses.

Werden prozessgerecht gestaltete Richtapparate und ein prozessgerecht gestaltetes Diagnosegerät vorausgesetzt, bestimmen der Kehrwert des Krümmungsradius r beziehungsweise die Krümmung und das Werkstoffverhalten des Drahtes bei gegebenen Istwerten des Drahtdurchmessers und der technischen Dehngrenze die Verformungsprozesse. Durch eine besondere Anstellart beziehungsweise eine frühe

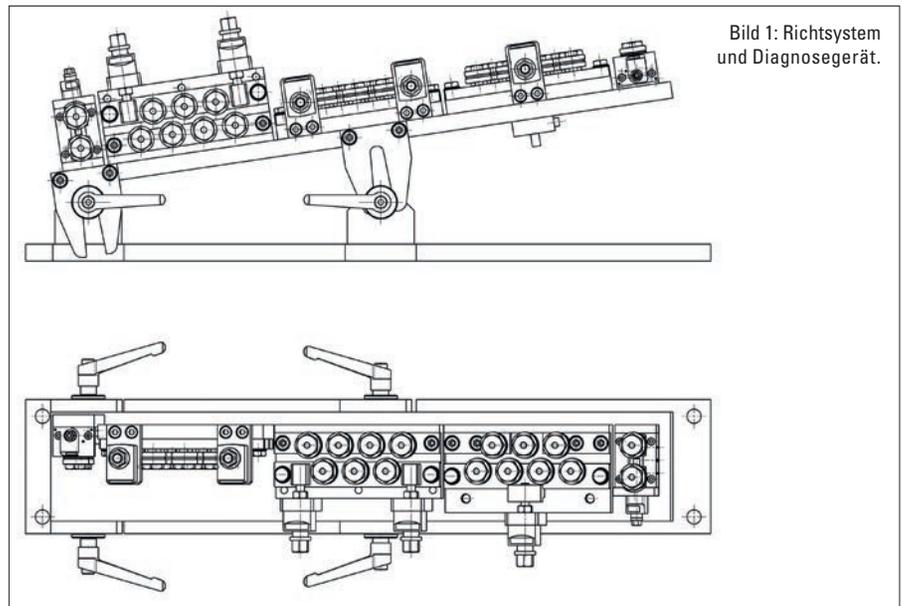


Bild 1: Richtsystem und Diagnosegerät.

Glättung der Krümmung des Drahtes im dem Diagnosegerät vorgeordneten Richtsystem wird der Einfluss der Krümmung im Diagnosegerät ausgeschlossen. Somit ergibt sich für das Diagnosegerät ein von der Krümmung unbeeinflusster Zusammenhang zwischen den Kennwerten des Drahtes beziehungsweise den Zielgrößen der Inline-Draht-Diagnose (Durchmesser, technische

Dehngrenze) und dem Diagnoseprozessparameter Rollenkraft F_{Ri} , der durch eine Beziehungsmatrix, als Ergebnis der Variationsrechnung, abgebildet wird. Bild 2 dokumentiert exemplarisch eine Beziehungsmatrix für einen Bezinäldraht der Sorte SH mit dem Nenndurchmesser $dN = 2,1$ mm und der Nenndeuhngrenze $R_{p0,2N} = 1700$ MPa.

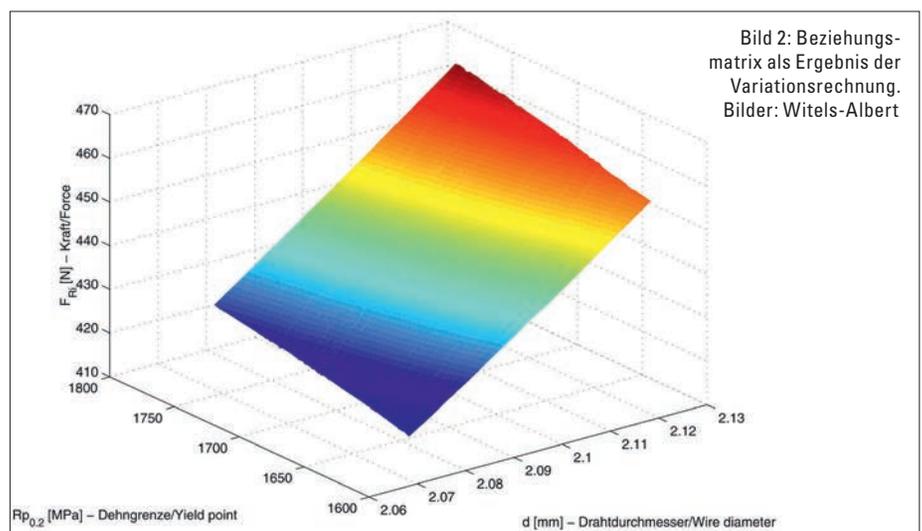


Bild 2: Beziehungsmatrix als Ergebnis der Variationsrechnung. Bilder: Witels-Albert

Die Realisierungsebene des Verfahrens nutzt ein Programm, das aus den gemessenen Kennwerten Drahtdurchmesser d und Rollenkraft F_{Ri} den Schätzwert der technischen Dehngrenze unter Nutzung der Beziehungsmatrix ermittelt, darstellt und speichert. Die Rollen des Richtsystems und des Diagnosegerätes sind zur elastisch-plastischen Verformung des Drahtes definiert eingestellt. Der Probetrieb der Inline-Draht-Diagnose wird für einen Zeit-beziehungsweise Drahtbereich realisiert, der unbeeinflusst von der Drahtbeschleunigung und der Drahtverzögerung ist.

Probetrieb

Auf der Grundlage der Standardabweichung des Schätzwertes der technischen Dehngrenze erfolgt eine Klassifizierung, die Projekte beziehungsweise Drahtspulen der Qualität „sehr gut“, „gut“, „befriedigend“, „genügend“ oder „ungenügend“ zuordnet. Das Projekt #18 gemäß Bild 3 dokumentiert demnach eine sehr gute Konstanz der technischen Dehngrenze, wohingegen mit dem Projekt #12 nach Bild 4 eine ungenügende Drahtqualität nachgewiesen ist. Die um circa 109 % größere Standardabweichung der technischen Dehngrenze des Projektes #12 geht auf entsprechend große Standardabweichungen des Drahtdurchmessers und der Rollenkraft zurück, die beim Projekt #12 um circa 200 % und rund 75 % größer sind als beim Projekt #18. Die zugeordneten Histogramme unterstützen die visuelle Interpretation der Ergebnisse des Probetriebes und die Bewertung der Drahtqualität über die Länge des Prozessmaterials.

Zur Bewertung der Plausibilität des zeitlichen Verlaufes des Drahtdurchmessers und des Schätzwertes der technischen Dehngrenze werden nach dem Probetrieb an ausgewählten Drahtabschnitten der Projekte beziehungsweise Fertigspulen Messungen des Drahtdurchmessers und Zugver-

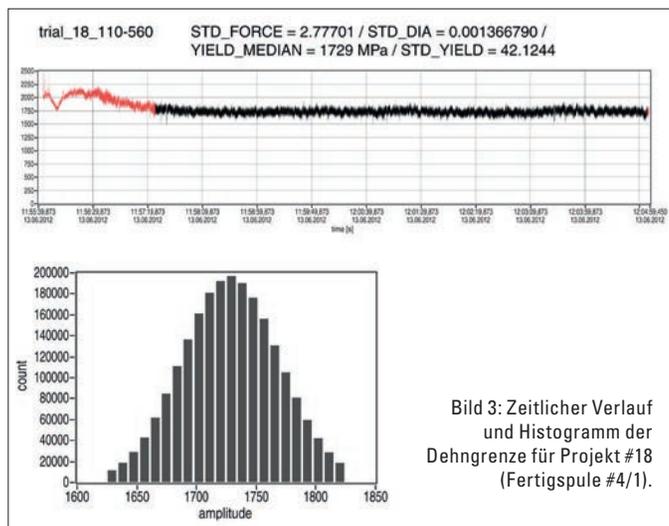


Bild 3: Zeitlicher Verlauf und Histogramm der Dehngrenze für Projekt #18 (Fertigspule #4/1).



FEDERENDEN OPTIMAL SCHLEIFEN

Setzen Sie auf die Erfahrung und die Zuverlässigkeit von Europas führendem Hersteller von Schleifscheiben für die Federindustrie.

Wir bieten Ihnen:

- » Mehr Zuverlässigkeit durch großes Prozess-Know-how
- » Mehr Wirtschaftlichkeit durch hochwertige Schleifwerkzeuge
- » Mehr Flexibilität durch kurze Lieferzeiten
- » Mehr Leistung durch innovative Lösungen

THELEICO –
EXCELLENCE IN GRINDING

THELEICO Schleiftechnik GmbH & Co. KG
Lagerstraße 3–5 | 59872 Meschede, Germany

☎ +49 (0) 291/99 01-0
☎ +49 (0) 291/99 01-28

info@theleico.de
www.theleico.de

| Projekt/Spule | Bekaert | | Witels-Albert und Bekaert | | | | | |
|---------------|---------|-------------|---------------------------|------------|----------------|-------------|--------------------|-----------------|
| | d [mm] | Rp0,2 [MPa] | Median d [mm] | STD d [mm] | Median FRi [N] | STD FRi [N] | Median Rp0,2 [MPa] | STD Rp0,2 [MPa] |
| #10/#1/1 | 2,099 | 1704 | 2,114 | 0,0052 | 445,7 | 3,51 | 1630 | 70,4 |
| #11/#1/2 | 2,099 | 1694 | 2,111 | 0,0044 | 448,8 | 4,10 | 1680 | 75,1 |
| #12/#2/1 | 2,098 | 1716 | 2,111 | 0,0039 | 453,9 | 4,86 | 1746 | 88,2 |
| #14/#3/1 | 2,095 | 1699 | 2,109 | 0,0047 | 451,0 | 3,40 | 1737 | 69,9 |
| #15/#3/2 | 2,094 | 1733 | 2,111 | 0,0028 | 465,6 | 2,54 | 1928 | 50,3 |
| #18/#4/1 | 2,097 | 1686 | 2,105 | 0,0013 | 446,6 | 2,78 | 1729 | 42,1 |
| #19/#4/2 | 2,100 | 1693 | 2,106 | 0,0019 | 448,0 | 2,73 | 1742 | 42,9 |

Tabelle: Zugversuch (Bekaert) versus Inline-Draht-Diagnose (Witels-Albert und Bekaert).

suche gemäß DIN EN 10002 durchgeführt. Die Tabelle stellt die Ergebnisse des Probebetriebes der Inline-Draht-Diagnose und die Ergebnisse der Messungen des Drahtdurchmessers und der Zugversuche gegenüber. Überwiegend bestätigen die Ergebnisse des Zugversuches, die ohne Ausnahme der Richtlinie DIN EN 10270-1 genügen, die Ergebnisse des Probebetriebes. Lediglich beim Projekt #15 (Fertigspule #3/2) ist die über die Inline-Draht-Diagnose ermittelte technische Dehngrenze deutlich größer als der Vergleichswert aus dem Zugversuch. Die Ursachen hierfür wie für das große Spektrum der Standardabweichungen der technischen Dehngrenze aus der Inline-Draht-Diagnose können im Rahmen des Probebetriebes nicht hinreichend identifiziert werden. Vermutlich haben Ziehmaschine und Ziehprozess sowie spezifische Zustände der Ziehmaschine und des Ziehprozesses einen Einfluss. So korreliert mit den Ergebnissen des Projektes #15 (Fertigspule #3/2) eine signifikante Erhöhung der technischen

Dehngrenze, die durch den schleichenden Ausfall eines Ziehblockes eintritt, der thermisch bedingt ist. Dieser Sachverhalt ist interessant, da er sich mit Erfahrungen deckt, die in der Erhöhung der Temperatur des Drahtes während des Ziehprozesses einen Beitrag zur Erhöhung der technischen Dehngrenze des Prozessmaterials Draht sehen.

Fazit

Die Inline-Draht-Diagnose beinhaltet die Bestimmung der Änderung der technischen Dehngrenze. Sie basiert auf der Identifikation des Drahtdurchmessers bei begleitender Messung der Rollkraft und relevanten mechanischen Gesetzmäßigkeiten des Modells der dreifach statisch unbestimmten Biegung, die für den mit einem Diagnosegerät durchgeführten Verformungsprozess als gültig vorausgesetzt werden. Mit dem Projekt wird ein Beitrag zur Bewertung und Einstellung der Produktqualität von Draht geleistet. Die kontinuierliche Verfügbarkeit von Informationen über Änderungen des Drahtdurch-

messers und der technischen Dehngrenze gestattet die Schaffung eines neuen Wertesystems der Klassifikation von Drahtqualität, in dessen Mittelpunkt eine permanente Bestimmung der Konstanz dieser Eigenschaften und damit korrelierende technische und ökonomische Aspekte stehen.

Nutzern wie Draht-Ziehereien oder Draht verarbeitenden Unternehmen eröffnet sich damit die innovative Möglichkeit, ihre Produkte in Abhängigkeit einer durchgängig nachweisbaren Qualität zu vermarkten sowie Qualität gezielt und kontinuierlich einzustellen, beispielsweise durch die Werkzeugwahl, durch die Regelung der Zieh- oder Verarbeitungsmaschine, die Regelungsparameter und die Gestaltung des Zieh- oder Verarbeitungsprozesses.

Marcus Paech, Witels-Albert GmbH, und Walther Van Raemdonck, NV Bekaert SA

Die redaktionell ungekürzte Fassung vorliegenden Beitrags finden Sie im Netz unter www.umformtechnik.net/whitepaper/

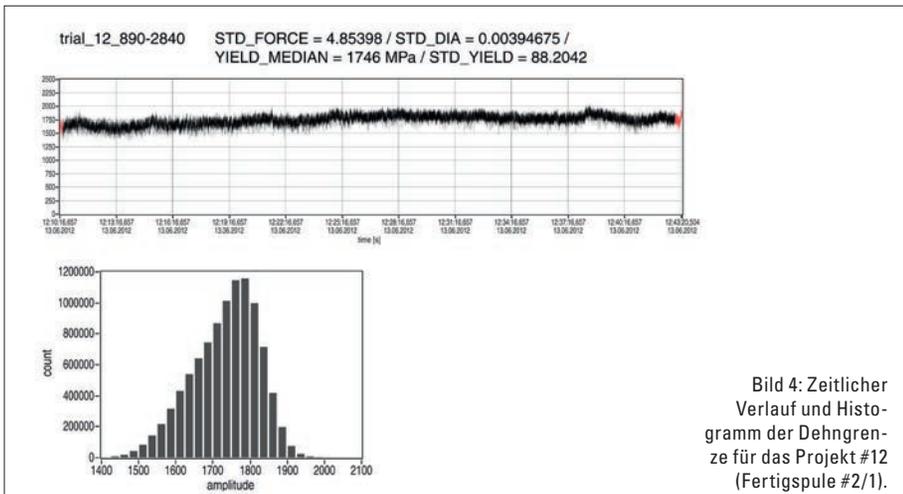


Bild 4: Zeitlicher Verlauf und Histogramm der Dehngrenze für das Projekt #12 (Fertigspule #2/1).

Witels-Albert GmbH

Maltesserstraße 151-159, 12277 Berlin
Ansprechpartner ist Marcus Paech
Tel.: +49 30 723988-0
info@witels-albert.com
www.witels-albert.com

NV Bekaert SA

Bekaertstraat 2
8550 Zwevegem/Belgien
Ansprechpartner ist
Walther Van Raemdonck
Tel.: +32 56 766467
info@bekaert.com
www.bekaert.com