

Einfluss von Beschichtungen auf das Lauf- und Umformverhalten von Federstahldrähten auf Federwindeautomaten

1 Aufgabenstellung

Ausgangspunkt für die Bearbeitung der Thematik sind die zunehmenden Forderungen an das Konstruktionselement Feder hinsichtlich der exakten Einhaltung funktionsrelevanter Parameter (geometrische Abmessungen, Federkennlinie, Langzeitverhalten, Lebensdauer). Eine Maßnahme dazu ist die Einhaltung einer hohen Fertigungsqualität. Die Fertigungsqualität wird bestimmt vom Federhersteller selbst sowie von der Qualität des Ausgangsmaterials, des gezogenen Federstahldrahtes. In engem Zusammenhang mit dem Drahtziehprozess steht die Beschichtung des Drahtes mit geeigneten Beschichtungssystemen [4] einschließlich der verwendeten Ziehseifen. Diese Beschichtung ist erforderlich, um den hohen tribologischen Forderungen beim Drahtziehprozess gerecht zu werden. Insbesondere die Gleichmäßigkeit des Federstahldrahtes hinsichtlich seiner Formmaße, seiner Oberflächenbeschaffenheit und seiner Lauf- und Umformeigenschaften ist für die Qualität der gefertigten Federn sowie die Produktivität und Prozess-Stabilität der Federfertigung maßgebend. Hohen mechanischen und tribologischen Beanspruchungen unterliegt der Draht auch beim Winden der Federn. Die tribologische Beanspruchung hier entsteht hauptsächlich durch die beim Winden auftretenden Umformkräfte an den Berührungsstellen zwischen Draht und Windewerkzeugen, an denen Gleitreibung in Verbindung mit Hertz'scher Pressung auftritt. Eine Möglichkeit zur Verringerung der Reibung zwischen Draht und Windestiften und damit zur Verbesserung des Lauf- und Umformverhaltens des Federstahldrahtes besteht in der Verwendung von Windestiftbeschichtungen, wie sie aus der Schneid- und Umformwerkzeugtechnik bekannt sind.

Das Forschungsprojekt verfolgt das Ziel, den Einfluss von Beschichtungen auf das Lauf- und Umformverhalten von Federstahldrähten auf Federwindeautomaten und deren Auswirkungen auf die Qualität der Federn umfassend zu untersuchen. Aus den durchzuführenden praktischen Untersuchungen sind Schlussfolgerungen für die Wahl geeigneter Beschichtungssysteme für Draht und Windestifte sowie für die Verarbeitungsparameter von Federstahldraht abzuleiten.

2 Ergebnisse der Untersuchungen

Zur Lösung der Aufgabe war die Analyse des Drahtzieh- und Windeprozesses und der Aufbau und die Erprobung neu zu entwickelnder Mess- und Prüftechnik erforderlich. In der Forschungsgruppe Federn der TU Ilmenau sind Verfahren für die Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Drahtumformeigenschaften entwickelt worden [1] [2]. Dazu zählen die Herstellung von „Langen Federn“ mit großem Wickelverhältnis sowie der Einsatz eines sog. Sensorrades zur kontinuierlichen Prüfung der Gleichmäßigkeit der Formmaße. Die bisher bearbeiteten Projekte führten auch bereits zu wichtigen Schlussfolgerungen hinsichtlich der Struktur der Ziehmaschine sowie der Prozessparameter. So sind bei der Drahtführung innerhalb der Maschine Torsionen

Die mit den ausgewählten Beschichtungsvarianten V1 und V2 gezogenen Federstahldrähte dienen als Ausgangsmaterial für die Herstellung größerer Lose von Schraubendruckfedern unter Industriebedingungen. Damit wurde ein unmittelbarer Vergleich zwischen der Fertigungsqualität üblicher laufender Produktion und der mit den neu ausgewählten Beschichtungssystemen möglich (Bild 2).

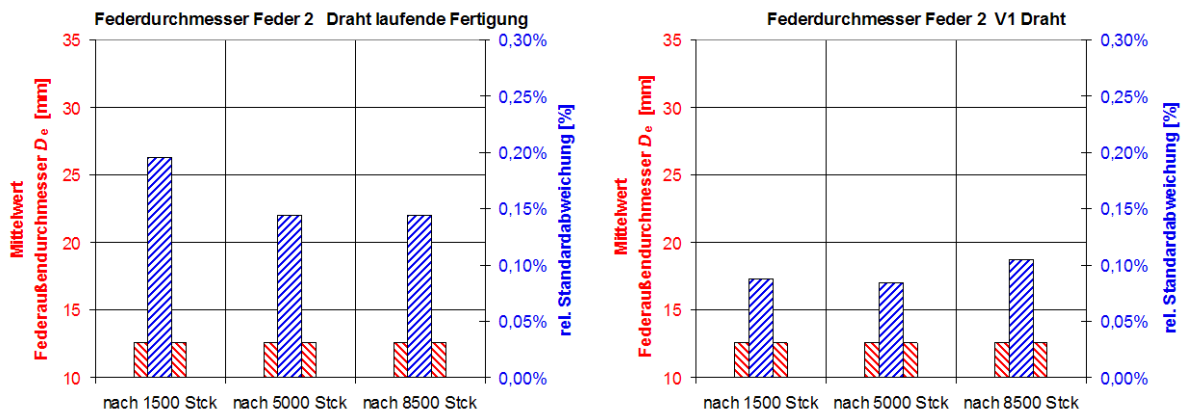


Bild 2: Federaußendurchmesser D_e und deren relative Standardabweichung in % für Feder 2 aus Draht der laufenden Fertigung und Draht der Beschichtungsvariante V1

Für die funktionswichtigen Parameter Federaußendurchmesser D_e und Federlänge L_0 ergeben sich deutlich geringere Streubreiten bei den ausgewählten Beschichtungsvarianten. Bei der analysierten Feder 2 (Wickelverhältnis $w = 5,25$) liegen die relativen Standardabweichungen dieser Parameter um ca.50% niedriger als bei Beschichtungssystemen der laufenden Produktion. Federstahldraht der Beschichtungsvariante V1 bei einer Ziehgeschwindigkeit von $v_{zieh} = 7\text{m/s}$ hat sich dabei als Draht mit den günstigsten Lauf- und Umformverhalten erwiesen.

Die Drahtziehgeschwindigkeit beeinflusst die Streuung von Federaußendurchmesser D_e und Federlänge L_0 . Die Beschichtungsvarianten V1 und V2 reagieren unterschiedlich. Während bei der Beschichtungsvariante V1 die Streuung bei einer Ziehgeschwindigkeit von $v_{zieh} = 15\text{m/s}$ deutlich anwächst, ist bei der Beschichtungsvariante V2 nur bis $v_{zieh} = 11\text{m/s}$ ein Anwachsen der Streuung, danach bis $v_{zieh} = 15\text{m/s}$ eine Verringerung der Streuung zu verzeichnen. Damit ist diese Beschichtung für höhere Ziehgeschwindigkeiten besser geeignet (Bild 3).

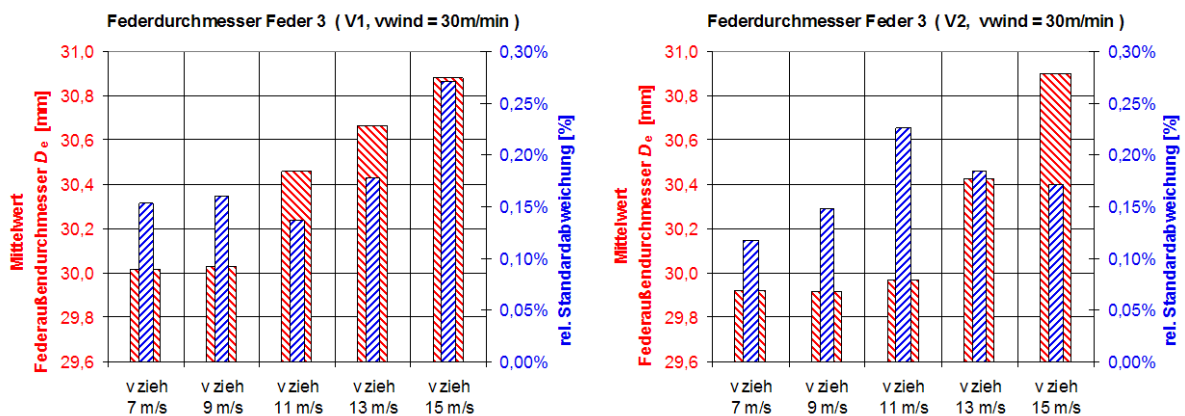


Bild 3: Relative Standardabweichung des Federdurchmesser der Feder 3 aus V1 und V2-Draht bei unterschiedlichen Drahtziehgeschwindigkeiten

Die besseren Lauf- und Umformeigenschaften der Beschichtungsvariante V2 bei höherer Ziehgeschwindigkeit werden nicht auf Kosten einer hoher Restziehmittelaufgabe erkauft. Die Beschichtungsvariante V2 weist im Gegenteil eine um ca. 40% geringere Restziehseifenaufgabe als die Beschichtungsvariante V1 auf. Mithin sind positive Auswirkungen auf die Umweltbelastung (Windmaschinenverschmutzung, Umweltverträglichkeit beim Anlassen der Federn) zu erwarten.

Die Untersuchung der ursprünglich in der Aufgabenstellung festgelegten Windstiftbeschichtungen TiN, TiCN, TiCN+MOS und Graphit IC hinsichtlich des Reibwertverlaufes längs des Drahtes und des Verschleißverhaltens ergab gegenüber unbeschichteten Windstiften nicht die erwarteten Vorteile. Der Absolutbetrag des Reibwertes bei beschichteten Windstiften ist zwar geringer als bei unbeschichteten Windstiften, hinsichtlich der Streubreite des Reibungswertes ergaben sich jedoch keine Verbesserungen. Insbesondere die Ergebnisse der Verschleißuntersuchungen führen zur Notwendigkeit weiterer Untersuchungen.

3 Zusammenfassung

Mit der im Rahmen des Projektes realisierten Mess- und Prüftechnik kann die Charakterisierung und Auswahl von Beschichtungssystemen für das Drahtziehen von Federstahldraht systematisch durchgeführt werden. Versuche zur Herstellung von Schraubendruckfedern unter Industriebedingungen führten bei zwei derartig ausgewählten Beschichtungssystemen zu deutlich geringeren Streuungen der Federgeometrie. In Abhängigkeit von der Ziehgeschwindigkeit des Drahtes ergeben sich für die ausgewählten Beschichtungssysteme unterschiedliche Streuungen der Federgeometrie. Die in Vorprojekten formulierten Forderungen an die Struktur der Drahtziehmaschine wurden durch die Ziehversuche bestätigt. Zur Realisierung prozessgerechter und gleichmäßiger Ziehtemperaturen müssen die Ziehsteine eine fallende Querschnitteabnahme aufweisen.

Literatur

- [1] Schorcht, H.-J.; Weiß, M.; Kletz, U. u.a.: Technologien zur Ausschussminimierung in der Schraubenfederfertigung. AiF-Forschungsvorhaben. Kurzbericht (Sonderdruck)Hagen: Verband der Deutschen Federnindustrie 1997.
- [2] Schorcht; H.-J.; Weiß, M.; Bretschneider, I. u.a.: Technologien zur Weiterentwicklung der Qualität und Weiterverarbeitbarkeit von Federstahldraht durch Kenntnis seines Umformverhaltens. AiF-Forschungsvorhaben. Abschlussbericht: TU Ilmenau 2001.
- [3] Schorcht, H.-J.; Lutz, St. u.a.: Quer-Eigenfrequenzen von Schraubendfedern aus runden Drähten. AiF-Forschungsvorhaben. Kurzbericht (Sonderdruck). Hagen: Verband der Deutschen Federnindustrie 1996.
- [4] Rausch, W: Die Phosphatierung von Metallen. Eugen G. Leuze Verlag Saugau 1974
- [5] Berger; Kaiser: Ermittlung von Dauerfestigkeits- und Relaxationsschaubildern für hochbeanspruchte Schraubendruckfedern. AiF-Forschungsvorhaben 12287 N Institut für Werkstoffkunde TU-Darmstadt.
- [6] Pawelski, O; Rasp, W; Gottschalk, R : Einfluss der Zusammensetzung von Ziehseife für das Drahtziehen auf ihre rheologischen Eigenschaften. Tribologie Bd. 7 Reibung Verschleiß Schmierung; Berlin, New York: Springer Verlag 1983
- [7] Schorcht, H.-J.; Weiß, M.; Heß, D: Zwischenbericht 2002 des AVIF- Projektes: Einfluß von Beschichtungen auf das Lauf- und Umformverhalten von Federstahldrähten auf Federwindautomaten. Forschungsbericht TU-Ilmenau Fakultät für Maschinenbau in Zusammenarbeit mit der Eisendraht- und Stahldraht Vereinigung und dem Verband der Deutschen Federnindustrie.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Veronika Geinitz, TU Ilmenau, Fak. für Maschinenbau, [Forschungsgruppe Draht und Federn](#), Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau, Tel.: +49 3677 - 69 18 55, Fax: +49 3677 - 69 12 59, <mailto:veronika.geinitz@tu-ilmenau.de>