

Benadelung von Kettenstrecken

Erik M. Schmauser, Drei-S-Werk, Schwabach

In 25 Jahren hat sich die Benadelung von Kettenstrecken viele Male geändert: Vom Löten über den Einsatz von Nadelstreifen zum heutigen Einwegnadelstab. Die Benadelungskosten pro produziertem kg Langfaserstapel haben sich in dieser Zeit um ca. 80 % reduziert.

Aufgabe der Strecke

In der Spinnereivorbereitung ist es Aufgabe der Strecken, die Fasern zu parallelisieren und durch Doublierung zu mischen. Als Nebeneffekt fällt Abfall in Form von kurzen Fasern und Verunreinigung an. Diese gezielt zu entnehmen, ist jedoch Aufgabe des Kammstuhls.

Wie alle Textilmaschinen sind auch Strecken sehr langlebig. Sie übertreffen bei weitem solche als langlebig bezeichneten Produkte wie Kraftfahrzeuge. Durch die Vergrößerung der Kannen beim Einzug und bei der Ablieferung sowie der kompletten Kapselung der Strecken aus Sicherheits- und Lärmgründen sind diese Maschinen heute aber auch sehr platzintensiv und nicht gerade billig.

Man sollte nicht vergessen, dass all dieser Aufwand nur darum getrieben wird, um das Faserband durch ein Nadelfeld zu transportieren. Die Nadel kämmt - sonst nichts! Die gesamte Maschine stellt nur den Hilfsantrieb zum einwandfreien Funktionieren dieses Prozesses dar.

Entwicklung der Strecke

Vom Einsatz des auf einem Holzbock befestigten Hechelkamms bis zur heutigen Kettenstrecke ist ein langer Entwicklungsweg über 100 Jahre abgelaufen [1], der hier nicht betrachtet werden soll. Die ersten Kettenstrecken basierten auf einem Patent von *HMG Lübeck GmbH*, Lübeck, von denen die Bauarten W 75 und W 80 noch gut in Erinnerung sind. Diese Maschine hat sich zum Teil im Markt durchgesetzt. Die Benadelung war jedoch schwierig, da hierfür nur eine einseitige Fläche am Nadelstabkörper zur Verfügung stand. Aufgrund der hohen, auf die Nadeln einwirkenden Kräfte durch das Faserband war nur eine Befestigung durch Löten möglich. Später hat die Firma *Weber* in Schaffhausen/Schweiz die Idee umgesetzt, aus dem runden Stabquerschnitt mit einseitiger Fläche einen vierkantigen Stab zu fräsen, um den ein U-förmiges Blech gelötet wurde, um so eine Nut für die Befestigung von Nadelstreifen zu erzielen. Sofort nach Auslaufen des HMG-Patents Ende der 70-er Jahre kam die *N. Schlumberger & Cie. (NSC)*, Guebwiller/Frankreich mit einer verbesserten Konstruktion auf den Markt. Der Verfas-

ser war Zeuge der 1. Präsentation der GC 10 (gills à chaîne) beim Institute Textile de France (ITF) in Villeneuve d'Asque in Nordfrankreich. Die Problematik dort war die Wickelbildung wegen zu hohem - von den klassischen Schraubenstrecken übernommenen - Nadelvorsprung von 17,5 mm. Dieser Fehler wurde abgestellt und mit der GC 11 eine erste marktgängige und erfolgreiche Kettenstrecke auf den Markt gebracht. In 25 Jahren wurde diese Technologie weiterentwickelt bis zur GC 30, die auf der ITMA in Birmingham 2003 vorgestellt wurde. Die Masse der im Markt befindlichen Maschinen sind heute GC 13-15. Parallel hierzu entwickelte die *St. Andrea (OSA)*, Novara/Italien ebenfalls eine Kettenstrecke mit der Bezeichnung CSN, die das gleiche Stabprofil wie die Strecken von *NSC* aufwies, jedoch andere Nadelvorsprünge hat. Der unterschiedliche technologische Ansatz hat sich auf dem Markt jedoch nicht in großen verkauften Stückzahlen umgesetzt.

Entwicklung der Benadelungen

Die Entwicklung der Benadelung von Strecken wurde in [2] dokumentiert. Es ergab sich die absurde Situation, dass eine moderne Technologie wie die Kettenstrecke aufgrund des Profils der Nadelstäbe nur durch eine altmodische und aufwändige Technologie zu reparieren war, nämlich durch das Löten. Dem gegenüber waren die Doppelnadelstab-Schraubenstrecken zu dieser Zeit bereits durch Nadelstreifen mit 2-Komponenten-Kleber Typ 2K, bzw. 1-Komponenten-Kleber wie Hotmelts vom Typ Mono und schlussendlich durch die heute gebräuchlichen Einpressnadelstreifen vom Typ Senzo benadelt. Insbesondere die letztere Benadelungsmethode hat sich als die sicherste und kostengünstigste herausgestellt. Um eine sichere und ökonomische Benadelung von Nadelstäben umsetzen zu können, musste sich das Profil im Laufe der Zeit verändern (Bild 1).

Als die 1. Kettenstrecke von *NSC* auf der ITMA in Mailand 1981 erschien, war die Nuttiefe nur 1,5 mm (Bild 1 a). Der Verfasser wies bereits damals die Entwicklungsabteilung von *NSC* darauf hin, dass hierdurch eine Benadelung durch Nadelstreifen nicht möglich sei. Die Benadelung erfolgte traditionell durch Einlöten der einzelnen Nadeln. Diese konnten sich gerade noch in der Nut abstützen. Durch einige technische Diskussionen gelang es, die Nut-Tiefe zunächst auf 3 1/2, später auf 4 1/2 mm zu erhöhen (Bild 1a+b). Dies hatte jedoch zur Voraussetzung, dass die Stabqualität gesteigert werden musste, um dieselbe Biegefestigkeit wie vorher zu erreichen. Während das *Drei-S-Werk* als 1. Anbieter von Nadelstreifen für Kettenstrecken durch umfangreiche Kleberversuche mit 2K und Monostreifen hoffte, das Problem lösen zu können, war die Voraussetzung für den vollen Erfolg für die Streifenbenadelung erst mit dem Erreichen der Nuttiefe von 4 1/2 mm gegeben. Sie ermöglichte eine Einpresslösung.

Der Durchbruch für die Senzo-Benadelung war im Jahre 1991/92 geschaff. Voraussetzung hierfür war eine enge Abstimmung der Qualität der Nut im Nadelstab und deren Toleranzen sowie der Toleranzen des Nadelstreifens. Es entstand ein Benadelungssystem, das nur auf der Basis der technologischen Zusammenarbeit zwischen Maschinenhersteller und Nadelsystemhersteller funktionieren konnte. Die Einpressnadelstreifen vom Typ Senzo sind heute der Standard für die Benadelung von Kettenstrecken weltweit. Dies gilt auch für den Maschinenhersteller *St. Andrea (OSA)*.

Entwicklung des Einwegnadelstabs

In den 70er und 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts waren Einwegnadelstäbe für klassische Schraubenstrecken sehr begehrt. Ca. 750.000 der-

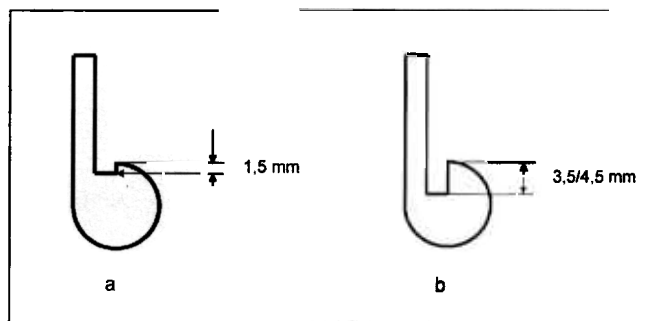


Bild 1 Entwicklung der Nadelstabtiefe im GC-Stab

artige Nadelstäbe wurden pro Jahr verbraucht. Durch die höheren Liefergeschwindigkeiten, die Erhöhung der Schlagzahl bis auf 2.000 Schläge/min sowie die weitere Erhöhung der Belastung durch das Faserbandgewicht konnten diese Einwegnadelstäbe, die aus 5 durch Plastikinjektion verbundenen Stahlteilen bestanden, jedoch nicht mehr standhalten. Sie sind inzwischen vom Markt verschwunden.

Die Idee wurde jedoch für die Kettenstrecke wieder aufgenommen. Hier allerdings konnte nur eine Problemlösung mit einem durchgehenden Stahlkern bzw. einer Kombination aus 2 Endstücken mit einem verbindenden U-Profil eine Problemlösung darstellen. Bei dem Stabkörper mit U-Profil war zwar der Widerstandsbeiwert und damit die Stei-

figkeit hervorragend, jedoch ließ sich die kraftschlüssige Verbindung zwischen den 3 Stahlteilen weder technologisch, noch die Gesamtkonstruktion kostenmäßig darstellen.

Viel Zeit und Geld wurde von verschiedenen Herstellern von Einwegnadelstäben in die Entwicklung dieses Produktes nach der Spritzgusstechnik mit einem Stahlkern gesteckt. Es dauerte 10 Jahre, bis die ersten Stäbe von der Kundschaft auch akzeptiert wurden. Das Einsatzgebiet dieser Einwegnadelstäbe beschränkte sich jedoch in aller Regel auf den Finisseur bzw. Passagen, in denen eine geringe Belastung des Stabs zu erwarten war. Der Einsatz in allen 3 Passagen oder gar nach der Färberei schien nicht erreichbar.

Erst 2003 tauchten mit dem Produkt

Owas 1.2 vom *Drei-S-Werk* Stäbe auf, deren Ziel es war, in allen Passagen eingesetzt werden zu können. Es gelang bis Herbst 2003 das Produkt so weit zu vervollkommen, dass alle Passagen mit diesem Einwegnadelstab Owas 2.1 in allen Benadelungen und Lieferbreiten eingesetzt werden kann. Um dieses Ziel zu erreichen, bedurfte es systematischer Festigkeitsberechnungen, FEM-Simulation, Mould-Flow-Analysen, Spritzversuchen, Biege- und Dauerversuchen sowie der Auslagerung in Klimakammern, um die gewünschte Geradheit, Torsionssteifigkeit, Biegesteifigkeit, Präzision, exakte Lage des Einlegeteils, Definition des zu verwendenden Granulats sowie Optimierung des Gewichts zu erreichen.

Große Unterschiede ergeben sich beim Vergleich der Produkte der verschiedenen Anbieter (Bild 2). Während die Produkte 1, 2 und 3 bei maximal 13,5 Nm ausfallen, ist der Owas selbst bei 22,5 Nm noch funktionsfähig. Eine Gegenüberstellung der Biege-, Torsionssteifigkeit und Gewicht zeigt Tabelle 1. Erstaunlicher Weise schneidet nicht der Nadelstab mit dem dicksten Stahlgrundkörper am besten ab, sondern die optimierte Konstruktion. Die konstruktive Auslegung und die Wahl der Materialien gewährleistet, dass die wechselnden Beanspruchungen (Kraft auf die Nadeln) optimal über das Nadelfeld in den Kunststoffkörper eingeleitet und gedämpft auf das Einlegeteil verteilt werden. Da es weder Spannungsspitzen an der Nadel noch im Kunststoff gibt, ist eine Überlastung des Kunststoffkörpers und der Nadeln bei bestimmungsgemäßem Einsatz unter Normalbedingungen ausgeschlossen.

Weder in der Literatur noch bei den einschlägigen Maschinenherstellern gibt es Untersuchungen oder präzise Angaben über die Belastung der Nadeln oder des Nadelfeldes, ja nicht einmal des einzelnen Nadelstabes durch das Faserband, das durch das Nadelfeld hindurchgezogen wird! Das *Drei-S-Werk* hat in Zusammenarbeit mit einem spezialisierten Unternehmen die Belastungen zumindest sichtbar gemacht (Bild 3). Die Belastung ist im Mittelteil am höchsten. Bei einer Belastung von 25 N bewegt sich die einzelne Nadel elastisch um ca. 0,3 mm. Durch den eingestellten, gewünschten Bruchwinkel der Nadeln aus der Produktion von ca. 30° ist gewährleistet, dass das Gesamtsystem des Nadelstabs auf einen gemeinsamen Höchstwert optimiert wird.

Der gefürchteten Wickelbildung wird durch absolute Gratfreiheit auch am Anguss des Spritzgussteils entgegengewirkt. Dies ist nur durch kostentreibende Maßnahmen in der Spritzgussform sowie hohe Produktionssicherheit erreichbar.

Tabelle 1 Biege-, Torsionssteifigkeit und Gewicht

Vergleich Einwegnadelstäbe ***

	Einlegeteil Ø [mm]	Biegesteifigkeit Einlegeteil I_{xx} [mm ⁴]	Bruchversuch (berechnet) M_v [Nm]*	Gesamter Nadelstab Resultat	Gesamtgewicht (gewogen) m [g]**
OWAS	6,0	62,56	22,5	Nadelbruch	112,5
Wettbewerber	5,5	40,75	13,5	Bruch am Flansch	103,3
Wettbewerber 2	7,0	117,86	11,5	Bruch am Umfang	> 120
Wettbewerber 3	6,8	< 104,96	6,2	Stab verdreht sich	123,4****

Widerstandsmoment I_{xx} als Indikator für Biegesteifigkeit $I_{xx} = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$

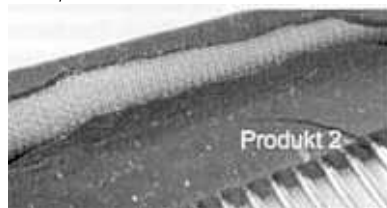
Anmerkung:

- * Standardisierte Torsionsversuche mit Kräfteinwirkung auf Nadel (Angriffslänge auf Nadelfeld 60 mm) aus Richtung Hohlkehle
- ** je nach Grad der Verschmutzung, Abnutzung, Charge und Version kann das Gewicht differieren
- *** Untersuchungen/Berechnungen auf Basis von Mustern
- **** Produkt 3 unterscheidet sich wesentlich beim Durchmesser Kettenaufnahme bzw. Führungsdurchmesser

Kraft auf Flansch, Kraft aus Richtung Hohlkehle Testzone = 60,0 mm



M = 22,5 Nm: Kein Bruch, nur leichte Versetzung der Nadeln



M = 11,5 Nm: Bruch am Umfang, da nur 0,65 mm umlaufender Kunststoff



Produkt 1



Produkt 3

Bild 2 Torsionsversuche: OWAS vs. Wettbewerber

Spinnerei

Der Owas-Stab ist zwar nicht der leichteste der Einwegnadelstäbe, stellt jedoch im Moment den Stand der Technik dar und ist somit die Referenz an der sich alle anderen Konstruktionen messen müssen.

Wirtschaftliche Aspekte

Betrachtet man die Entwicklung der Benadelungstechnologien für den Kettenstab, so kann man ein erhebliches Kosteneinsparungspotenzial für die faser-vorbereitenden Betriebe erkennen. Waren bei der Reparatur durch Löten im besten Falle 10 komplette Benadelungen pro Stunde (ent- und wieder benadeln) bei einer Serie von 144 gleichen Kettenstäben möglich, so schaffen heute beim Senzo-System selbst Ungeübte deren 60. Verlangte das Löten nach einer entsprechenden Einrichtung mit Absaugung, den Einsatz von Säure, Waschbad, Trocknen und Konservierung mitsamt seinen gesundheitlichen Gefahren, so ist das Einpressen eines Senzo-Streifens so leicht, dass es jeder Ungeübte erlernen kann.

Schneller allerdings ist das Auswechseln der kompletten Einwegnadelstäbe in der Maschine, wobei die Stillstandszeit dieselbe ist wie bei dem Auswechseln von klassischen Stahlstäben mit Nadelstreifenbenadelung. Es entfällt jedoch die Notwendigkeit einer Presse, um die Nadelstreifen in den Stahlstab einzupressen.

Dem gegenüber steht allerdings der erheblich höhere Preis eines Einwegnadelstabs im Vergleich zu einem Plastik-Nadelstreifen. Es ist Sache des Anwenders anhand seiner spezifischen Einsatzgebiete zu definieren, ob die bis zu 6- oder 8-mal mögliche Neubenadelung eines Stahlstabs durch Senzo-Streifen kostenmäßig günstiger kommt als ein

Owas-Einwegnadelstab. Die Standzeit beider Benadelungen hängt im Normalfall ausschließlich von der Standzeit der Nadelspitze bzw. der gesamten Nadel (Bruch, Verbiegung) ab.

War man in den letzten 3 Jahren der Meinung, dass sich der Einsatz von Einwegnadelstäben aus Wirtschaftlichkeitsgründen nur in der Faservorbereitung, nicht jedoch in der Kämmerei oder der Färberei auszahlt, so hat sich diese Ansicht inzwischen gewandelt. Grund hierfür ist die zunächst unerklärbar gebliebene Tatsache, dass dieselben Nadeln in einem Einwegnadelstab deutlich länger, und zwar bis zu doppelt so lange halten wie in einem Stahlstab eingebettet in einen Kunststoffnadelstreifen der Fall ist. Dadurch hat sich die Wirtschaftlichkeitsgrenze des Einwegnadelstabes stark in Relation zum benadelten Stahlstab verbessert. Als Konsequenz ist festzustellen, dass sich der Verbrauch an Benadelungen und damit Nadeln ein weiteres Mal halbieren wird, so wie bereits eine Halbierung beim Umstieg von Schraubenstrecken auf Kettenstrecken zu beobachten war.

Parallel zur Verbesserung der Benadelungstechniken an Kettenstrecken innerhalb der letzten 25 Jahre haben sich jedoch die Belastungen und die Leistungsfähigkeit dieser Kettenstrecken enorm erhöht. War der Anspruch 1981 eine Liefergeschwindigkeit von 300 m/min, der in den seltensten Fällen erreicht wurde, so geben die neuesten Maschinen bereits

600 m/min an. Gleichzeitig wuchs die Arbeitsbreite theoretisch um 25 % von 220 auf 270 mm Benadelungsbreite. Zur Sicherheit lässt man rechts und links im Nadelfeld ca. je 25 mm frei. Dies bedeutet jedoch, dass der nutzbare Bereich prozentual noch stärker gestiegen ist, nämlich um 29,4 % von 170 mm auf 220 mm beim 270er Stab.

Zusammenfassend kann man davon ausgehen, dass die Benadelungskosten pro produziertem kg Langstapelfaser in diesen 25 Jahren um ca. 80 % gesunken sind! So hat die Zulieferindustrie, die das einzig aktive Element in der Faservorbereitung, nämlich die Nadel anbietet, ihren Beitrag zur Effizienzsteigerung des gesamten Systems geleistet. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der Hersteller eine gleichmäßige Produktqualität auf hohem Niveau des Nadelstabs als auch der selbst produzierten Nadeln hat.

SENZO, OWAS = eingetragene Warenzeichen

Literatur

- [1] Strehle P., N. : International Textile Bulletin TB 50 (2004), 22-24
- [2] Hans Kramer, Drei-S-Werk, Schwabach (D) in "Taschenbuch für die Textilindustrie 1989" Seite 302 ff

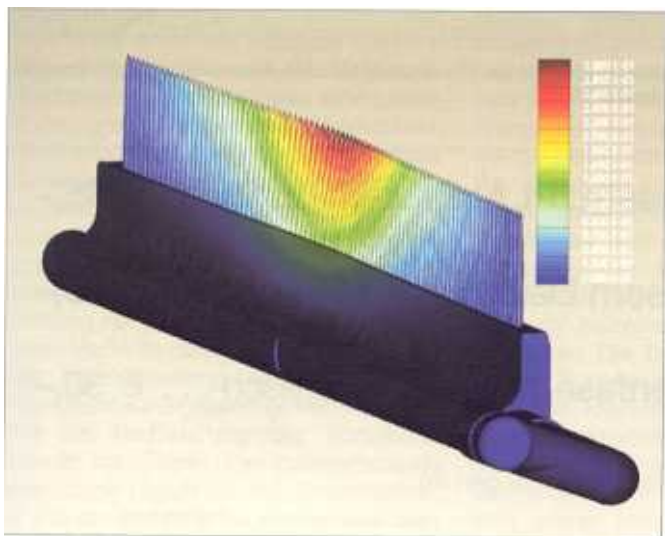


Bild 3 Simulierte Darstellung der Nadelfeld-Belastung

As You Like It

Polyamid 6 · Polyamid 6.6 · Polyester · Copolymere ...
Industrie-Monofilamente
Colorific Monofil GmbH · Abt. Industriegarne
F.W.-Raiffeisen-Straße 17 · D-52531 Übach-Palenberg
Tel.+49 24 51-6 70 95 · Fax+49 24 51-6 70 98

Experten-Kontakt und Information:
Wolfgang Kamlah
Tel. +49 24 51-6 70 95
Fax +49 24 51-6 70 98