5. Verfahren zur thermoplastischen Biegung von Fasern

Aus einer Reihe getesteter und entwickelter Verfahren zur thermoplastischen Biegung szintillierender Fasern werden drei Verfahren vorgestellt, die beim Bau der inneren Helix-Lage des EDDA-Detektors eingesetzt werden.

5.1. Randbedingungen

Beim Bau der inneren Lage auftretende Radien

Im folgenden werde die Einteilung der Geometrie um den EDDA-Detektor und der Faserverläufe in drei Zonen aus Fig.3.1 übernommen. In zwei dieser Zonen wird dabei die thermoplastsche Biegung relevant :

Zone 2 : Bereich der kleinsten Bögen mit Radien von 5 bis 40 mm.

Zone 3 : Nach den Ergebnissen in Kapitel 3 ist eine thermische Biegung im Hinblick auf Lichtverluste in Zone 3 nicht notwendig, weil hier Radien von 30 bis 120 cm aufteten. Um Kräfte auf Fasern und bewegliche Teile der Röhrenhalterung zu vermeiden, wird eine Biegung erwogen.

Wahl des Temperatur-Arbeitspunktes

Der Core der Faser besteht im wesentlichen aus Polystyrol, dessen Erweichungstemperatur im reinen Zustand zwischen 78° C und 102° C liegt [ULL72]. Mit dieser Information als Richtlinie wurde der Temperaturbereich zur schonenden Biegung szintillierender Fasern empirisch nach folgenden Gesichtspunkten bestimmt.

° Für Temperaturen T £ 100° C lassen sich die Fasern nur unter großen Gegenkräften biegen. Mit Polarisationsfiltern werden in bei diesen Temperaturen gebogenen Fasern Brechungsindexgradienten, die Lichtverluste bedeuten, sichtbar.
(Þ T_A > 100 ° C).

° Für T ³ 104° C treten Querschnittsveränderungen der erwärmten Bereiche und starke Lichteinbußen der so behandelten Fasern auf.
(Þ T_A < 104 ° C).

Þ Wahl des Arbeitspunktes T_AÎ [101° C £ T_A £ 103° C] .

Wahl des Wärmeübertragungsmediums :

Wasser oder Wasserdampf als Medien haben zwei grundsätzliche Probleme :

° Der Arbeitspunkt liegt mit 100° C unter dem Arbeitspunkt T_A.
° Wegen großer Wärmezonen, Verbrühungsgefahr und unpraktikabel.

Luft dagegen weist diese Probleme nicht auf, ist leicht verfügbar, gut zu transportieren, leicht zu erwärmen und kühlt auf kurzen Strecken schnell ab, wodurch sich bei Verwendung kleiner Düsenquerschnitte scharf begrenzte Zonen mit T » T_A einstellen lassen.

Wahl der Düsengröße :

Großräumiges Erwärmen von Fasern führt in allen Medien zu irreparablen Faserschäden. Am einfachsten läßt sich dies an Wasser als Medium zeigen, weil dort die Effekte am stärksten auftreten. In Fig.5.1 sind die Abschwächungscharakteristiken zweier Fasern dargestellt, die ca. 120 s lang in ein Bad kochenden Wassers getaucht wurden. Eine der Fasern war dabei an einem dünnen Stab befestigt, die andere wurde frei in das Bad getaucht. Letztere verkürzte dabei ihre Länge um 25 cm und nahm einen Querschnitt von etwa 3 mm an. Beide vorher durchsichtige Fasern wurden trübe.

Fig.5.1 Abschwächungscharakteristik zweier Fasern (Faser 1 gebunden, Faser 2 frei) vor und nach einem Bad von 120 Sek. Dauer in kochendem Wasser

Das Problem der Querschnitts- und Längenänderung großräumig erwärmter Fasern besteht auch bei Temperaturen unter 100° C. Dies zeigt die in Fig.5.2 dargestellte Längenänderung 10 cm langer Faserstücke, die bei einer bestimmten Temperatur T eine Zeit t in ein Bad kochenden Wassers getaucht wurden.

Fig.5.2 Längenkontraktion 10 cm langer Faserstücke nach einem Bad der Dauer t im Wasser der Temperatur T.

Es folgt, daß die Aufenthaltsdauer einer Faser in Wärme möglichst klein zu halten ist. Bei genauen Biegungen können nur kleine Bereiche einer Faser bearbeitet werden. Bei Verwendung von großen Wärmezonen liegen somit auch benachbarte, nicht aktuell zu biegende Bereiche innerhalb der Wärmezone. Da großräumiges Erwärmen von Fasern zu Deformationen und irreparablen Faserschäden führt, kommen nur kleine Wärmezonen, bei Verwendung von Luft, kleine Düsenöffnungen in Frage. Erfahrungen zeigen, daß sich bei Verwendung von Luft, mit Düsenquerschnitten zwischen 1.5 mm und 4 mm relativ scharfe Zonen mit der Arbeitstemperatur von 102° C erzeugen lassen, die in definiertem kurzen Abstand vor der Düse liegen.

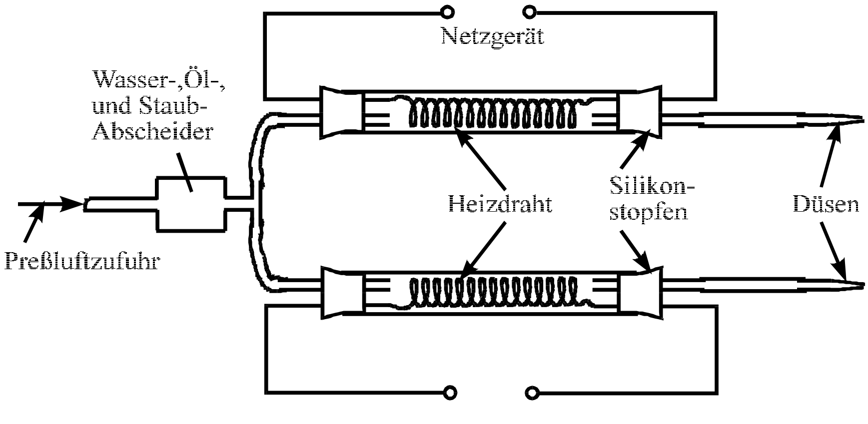

Fig.5.3 Schematische Darstellung des Gebläses zur thermoplastischen Biegung von Fasern.

5.2. Konstruktion eines Gebläses

Zur Biegung mit Luft wiesen die kommerziell erhältlichen Heißluftgebläse zu wenige einstellbare Parameter und geringe Langzeitstabilität auf. Daher wurde ein Gebläse entworfen und gebaut, mit dem sich die Parameter Temperatur, Luftdurchsatz und Düsengröße nach Bedarf einstellen ließen. Betrieben wird es mit Preßluft und zeitlich stabilen Netzgeräten. Fig.5.3 stellt eine Skizze des Gebläses dar.
An die Pressluftzuführung schließt sich ein Abscheider an, der Verunreinigungen durchströmender Luft von den Heizelementen fernhält. Zwei Heizelemente mit separaten Netzgeräten erlauben die Verwendung zweier Düsen gleichzeitig. Damit läßt sich der Fall, daß bei Verwendung kleiner Düsenquerschnitte nur die der Düse zugewandte Seite der Faser eine Zone mit T_A»102° C aufweist, vermeiden. Da beim Bau des Gerätes keine Quarzglasrohre entsprechenden Duchmessers zur Verfügung standen, wurden Glasrohre aus Fensterglas von 330 mm Länge und allerdings 30 mm Durchmesser verwendet. Die verwendeten Stopfen bestehen aus Silikonkautschuk mit einer zulässigen oberen Grenztemperatur von 400° C. Die Heizspirale besteht aus einem Heizleiter der Firma Thyssen, der auf ein innen hohles Porzellanröhrchen gewickelt wurde.

5.3. Biegeverfahren

Für jede der oben genannten Problemzonen etablierte sich letztendlich je ein Verfahren, mit dem die geforderten Biegungen gefertigt werden :

Für Zone 3, mit Radien größer als 30 cm, wurde eine Apparatur entworfen, mit der sich große homogene Bögen von 10 bis 150 cm erzeugen lassen. Die Schwierigkeiten der Biegung großer Bögen ergibt sich dabei aus den dabei geringen Gegenkräften der Fasern, die i.a. von Reibungskräften der Biege-Mechanik überdeckt werden. In Fig.5.4 ist die "Biegemechanik für große Radien" skizziert. Eine Faser wird hier über zwei Andruckrollen vor ein oder zwei Düsen auf ein Teflonband gehalten. Dieses weist eine Führungsnut auf. Düsen und Rollen bewegen sich, gemeinsam an einem Schwenkarm befestigt, über die Faser. Das Teflonband ist an seinen Enden an Reitern befestigt, die auf je einer Schiene frei beweglich sind. Damit läßt sich der Biegeradius einstellen. Querschnittsveränderungen oder Schäden, durch den Andruck der Faser an die Führungsnut des Teflonbnades konnten nicht festgestellt werden.

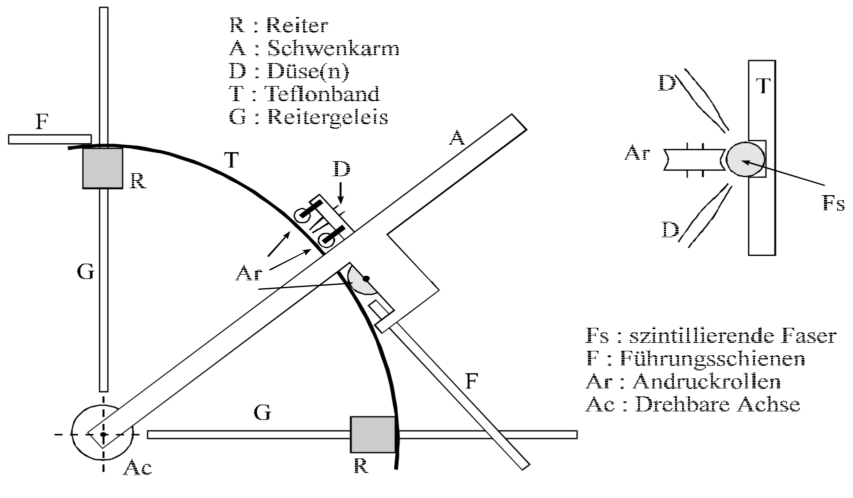

Fig.5.4. Biegemechanik für große Radien (r >10 cm)

Für Zone 2 erwies es sich als günstig, mit einer von Hand geführten Gebläsedüse die notwendigen Bögen zu erzeugen. Diese Methode gestattet es, homogene und kleine Bögen zu erzeugen, wie sie mit keinem anderen Verfahren gebogen werden konnten. Voraussetzung ist eine ausreichende Befestigung der zu biegenden Faser auf einer Unterlage. Mit dieser Art der Faserbiegung können Radien von 3 bis 100 mm (auch unter Verwendung von Biegevorlagen) erstellt werden. Auf diese Weise wurde das in Kapitel 4 untersuchte realistische Modell der Faserverläufe in Zone 2 angefertigt.

Zur Erstellung der "Normbögen" mit hoher Präzision wurde die in Fig.5.5 dargestellte, im Verhältnis zur Schlichtheit des Bogens aufwendige "Normbiegemaschine" konstruiert. Sie besteht im wesentlichen aus zwei gegeneinander neigbaren Blechen, die höhenverstellbar montiert sind. Ein x-y-Waagen erlaubt die Bewegung einer aufgelegten Faser unter der Düsenebene.

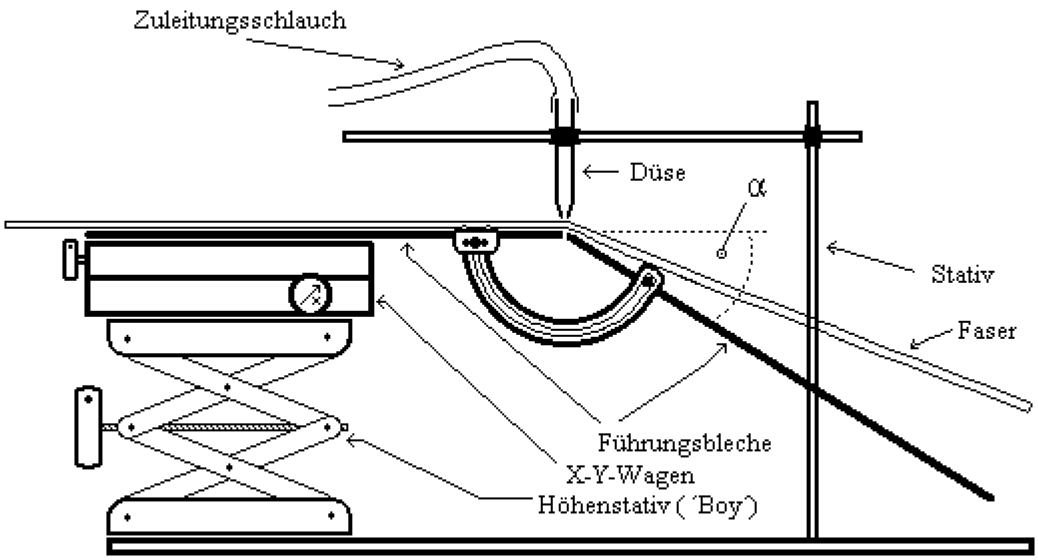

Fig.5.5 : Normbiegemaschine