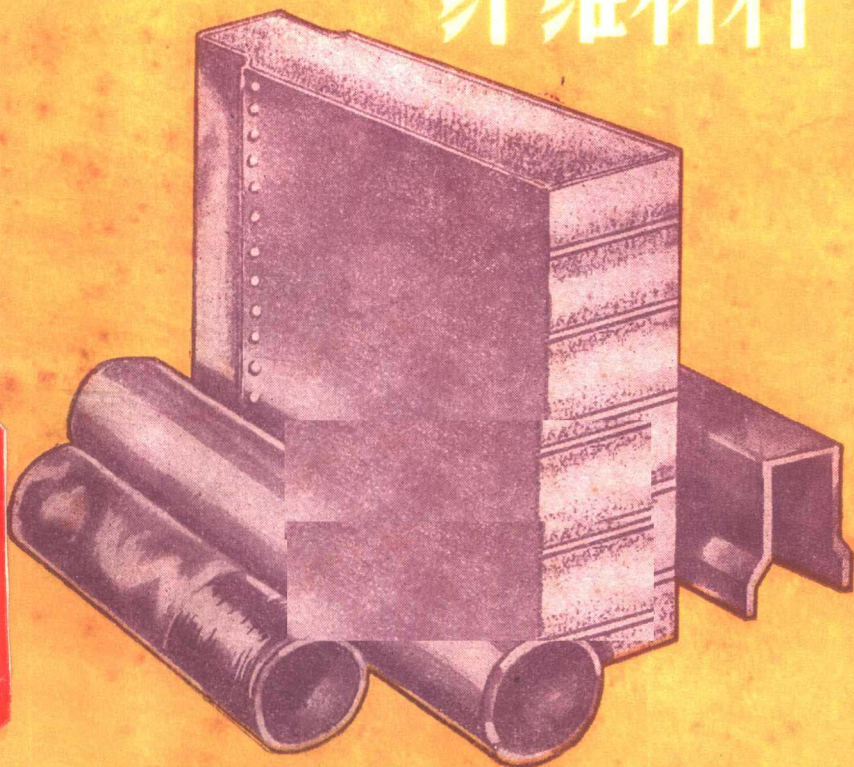


苏联科学院
科学普及丛书

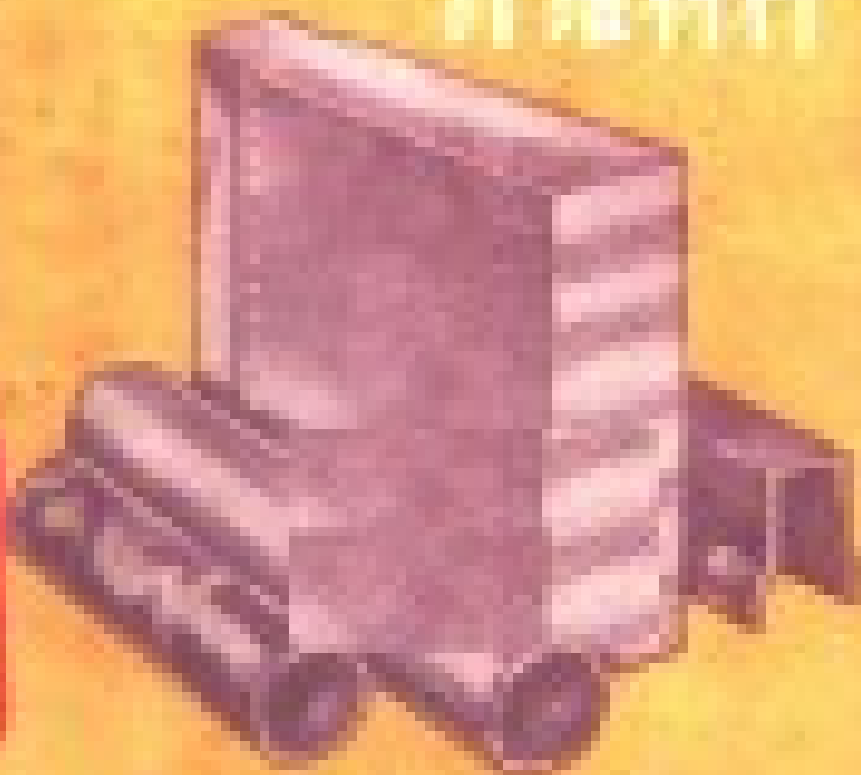
高强度玻璃 纤维材料



科学技术出版社

中国
标准出版社

高强度纤维 纤维材料



中国标准出版社

苏联科学院科学普及丛书

高强度玻璃纖維材料

布 洛 夫 合 著
安 德 列 也 夫 斯 卡 姪
致 工 譯

科学技术出版社

1959年·北京

本書提要

玻璃纖維材料是一種新型的材料，由於性能優良，目前在國外已廣泛地用於各種工業部門中，例如用來製造石油工業用的管子、化學工業用的耐腐蝕材料和電工工業用的絕緣材料，用來製造汽車、汽艇、火車車廂等的外殼和用作建築材料。而在我國，也已開始得到應用。

本書詳細地介紹了玻璃纖維材料的製造方法、性能和用途。在製造方法方面，主要介紹了應用各向異性結構原理製造玻璃纖維材料的方法，以及這一方法中所使用的粘結劑的配制方法。採用這一新方法，可使玻璃纖維材料的生產過程大為簡化，大大降低這一材料的成本。

總號：1413

高強度玻璃纖維材料

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ
СТЕКЛОПЛАСТИКИ

著者：А.К.Бурови Г.А.Андреевская

原出版者：ИЗД.АН СССР, 1958

譯者：致

出版者：科學技術出版社

(北京市西便門外都察院)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

發行者：新華書店

印刷者：北京市通州區印刷廠

開本：787×1092 1/32 印張：2

1959年10月第1版 字數：37,000

1959年10月第1次印刷 印數：2,045

統一書號：15051·296

定價：(9)2角3分

目 次

序	1
緒 言	2
第一章 玻璃纖維最重要的性質	3
第二章 各向异性玻璃纖維材料的生产工艺学	7
第三章 制造各向异性玻璃纖維材料用的粘結剂	17
第四章 各向异性玻璃纖維材料的主要性質	27
第五章 各向异性玻璃纖維材料应用的范围和远景	47
第六章 采用各向异性玻璃纖維材料的經濟效果	56

序

苏共中央五月全会的決議中，对于合成材料及其制品生产的快速发展問題，給予严重的注意。这些材料中，玻璃增强塑料^①占有重要的地位；在我国(指苏联——譯者)国民經济的进一步发展，在滿足居民和技术进步不断增长的需要的斗争中，这种材料将起极大的作用。

苏联科学院各向异性結構實驗室所創造的各向异性玻璃纖維材料(Стекловолокнистый анизотропный материал, 简称СВАМ)是具有极大技术經濟优点的新材料，它不但比其他形式的玻璃增强塑料优越，而且也比广泛应用于技术中的許多其他高效能材料来得优越。

为了把各向异性玻璃纖維材料应用到工业中，曾作出这样的决定：在化学工业部的一个工厂中組織这种材料的試驗性生产，并在頓巴斯建立这些材料的大規模生产。苏联科学院在各向异性玻璃纖維材料的发展过程中要实现科学领导，并与其他一些科学研究机关和企业在一起，共同創造新种类各向异性材料。

在这本小册子中，将简单地叙述一下最近几年內在各向异性玻璃纖維材料的研究方法、性質、生产工艺和这些材料的应用方面所創造的成果。

作者对参加創造各向异性玻璃纖維材料和促进它們在工业中的应用的团体和个人，表示深切的謝意。

^① 玻璃增强塑料，在我国俗称玻璃鋼。——譯者

緒 言

彈性體的物理性質(彈性、強度)如果在所有的方向上都相同,就把它稱為各向同性的物體(例如玻璃);如果它的性質在每個方向上不相同,就把它稱為各向異性的物體(例如木材)。

各向異性的結構是利用纖維的高強度和它的彈性的各向異性並根據А·Ф·約飛院士所創立的物體表面狀態影響物體強度的理論而創造出來的。

各向異性玻璃纖維材料是用玻璃纖維和膠結質(合成樹脂)製造的。製造各向異性玻璃纖維材料的方法是:把玻璃纖維在膠結質中定向排列,其方法是把纖維彼此平行排列,同時在它們上面塗上粘結劑。由於玻璃纖維這樣的定向排列,我們就得到了具有與木材薄層板和膠合板相似的彈性各向異性的玻璃纖維材料;所以,這樣的玻璃纖維材料稱為玻璃絲薄層板和玻璃膠合板。很明顯,如果把玻璃絲薄層板適當地迭在一起,加以壓合,就可以得到具有預定機械性質的玻璃膠合板。

動物的骨骼、樹干等結構的各向異性,使它們的重量極輕,可是強度卻極大。已在工業上廣泛使用的木材膠合板和各種的層壓膠布板(Текстолит),就是根據自然界所揭示的原理而制得的各向異性材料。但是,在結構的方向性和纖維的高強度原理的運用方面還有很大的潛力可挖;這些材料中的任何一種,都還沒有能充分地利用這些潛力。這樣一來,各向異性玻璃纖維材料就成了一種具有木材和鋼的主要優點(各向異性和高的比強度)卻沒有比重大、易於腐爛和腐蝕等缺點的新型合成

材料。

运用各向异性结构的方法，除了可以制得高强度结构材料之外，还可以制出薄的电介质、防水材料以及其他形式的、能在国民经济中找到极有效用途的材料。

在这本小册子^①中；将简要地叙述一下各向异性玻璃纤维材料的生产工艺，并列举有关这些材料性质的数据、应用范围和技术经济效果。

第一章 玻璃纖維最重要的性質

非常細的纖維的强度超过同一物質大塊試样許多倍。表 I 中列举了几種物質的大塊試样和綫狀試样拉力强度的数据。試驗是在大气湿度的条件下进行的。

纖維的高强度在各向异性结构中最显著地表现出来，这就使我們有可能解决現代技术中的一些极为重要的問題，这些問題是由于对份量輕而强度高之结构材料的不断增长的要求而提出的。

尤其对于玻璃纖維更是如此。这种材料与其他合成纖維比較，具有許多优点：高拉力强度、高弹性系数、低吸水性、高介电性、化学稳定性、耐湿性、不可燃性和不腐烂性。

玻璃纖維的拉力强度是大多数其他合成纖維的10倍以上。經查明，玻璃纖維的强度随着它的直径的减小而急剧上升：当直径由20微米减小到2微米时，玻璃纖維的强度几乎增加9倍。用改变玻璃液粘度的方法，主要是用改变纖維由熔融玻璃中抽

^① 这本小册子是1956年出版的、布洛夫和安德列也夫斯卡娅的小册子“玻璃纖維和各向异性材料以及它們的技术应用”一書的修訂补充本。

表 1 物質的大塊試樣和綫狀試樣的拉力強度(公斤/毫米²)

物 質	試 樣		綫狀試樣的直徑 (微米) ^①
	大 塊 的	綫 狀 的	
石 英 玻 璃	0—8	1,000—2,500	3—6
硅 酸 盐 玻 璃	4—6	200—600	2—6
聚 碳 酸 脂 樹 脂	2.0—2.8	50—80	3—6
聚 偏 二 氧 乙 烯	2.8—4.9	28—38	15—20
醋 酸 纖 維	5.3—8.7	15—20	15—20

出的速度和抽絲孔直徑的方法，可以得到規定直徑的纖維。如后文所指出，最堅強的各向異性結構是用直徑15微米左右的玻璃纖維制品制得的(見29頁)。

玻璃的化學成分也對玻璃纖維的強度有影響。在表2中列舉了蘇聯用來製造玻璃纖維的典型玻璃的成分。

鹼性成分玻璃纖維的強度約比非鹼性成分玻璃纖維的強度低20%；除此之外，鹼性玻璃具有較大的吸水性、較小的化學穩定性和較低的介電性。所以，為了製造各向異性玻璃纖維材料，最好是採用非鹼性玻璃。必須估計到，由於玻璃纖維的表面比大塊玻璃的表面增加很多，所以周圍介質中的濕度(其他腐蝕劑也一樣)對於玻璃纖維的作用增強到極大的程度。例如，由具有6厘米²表面的1厘米³的玻璃，可以抽出1,270,000米直徑為1微米的纖維，而這纖維的表面積却等於40,000厘米²，也就是說，比原來增加了6,670倍左右。

於是，在大氣中的濕氣和其他外界作用物的直接作用下，

① 微米即千分之一毫米。——譯者

表 2 用来制造玻璃纖維的玻璃的化学成分(重量%)

物 質	非 碱 性 玻 璃	碱 性 玻 璃
二 氧 化 硅	54	71
氧 化 鋁	14	3
硼 酸	10	—
氧 化 鈣	16	8
氧 化 鎂	4	3
氧 化 鈉	2	15

玻璃纖維被損毀的情形就增加到很大的程度，以致纖維會非常快地被破壞。

玻璃纖維在倉庫中長期存放時，曾經觀察到這些纖維在大氣中濕氣的作用下自行損壞的情況。因此，當玻璃纖維形成時對它進行表面保護的問題，就具有特殊的意義。後文將講到，根據各向異性結構方法提出的玻璃纖維材料製造工藝已經成功地解決了這一課題。

玻璃纖維的吸水性非常小。在空氣的相對濕度等於65%時，玻璃纖維的吸水率為0.2%，而各種不同種類的人造絲為12—15%，棉花在10%以內。

由於具有較高的軟化點(非碱性玻璃在700°C以上)，玻璃纖維可以用來製造以有機粘結劑為基礎的、最有耐熱性的材料。

一切結構材料最重要的機械特性是它的比強度，也就是強度對比重的比。

在表3内对比了各种天然纖維和合成纖維的比强度。由列举数据的比較可以看出，玻璃纖維的比强度比有机纖維的比强度大好几倍。

玻璃纖維的弹性系数比其他合成纖維的弹性系数大4—7倍。玻璃纖維的伸长度为2%左右，这比其他纖維的伸长度小得多。

表 3 各种纖維的比强度

材 料	比 重	拉力比强度 (公斤/毫米 ² :比重)
熔 石 英	2.20	450—330
玻 璃	2.50	100
苧麻(印度苧麻)	1.52	53
尼 龙	1.14	60—35
棉 花	1.54	42—23
天 然 絲	1.25	45—24
粘 液 絲	1.52	40—15
聚 乙 烯	0.92	24
聚 偏 二 氯 乙 烯	1.72	22—13
羊 毛	1.32	15—10

由于玻璃纖維既有优良的物理-机械特性，又有不可燃性、对有机溶剂和其他溶剂的化学稳定性、低吸水性和高电学参数等特有的性質，这就使它有可能作为基材来制造各种結構材料、防水材料 and 电絕緣材料以及其他一些符合較高技术要求的材料和制品。

第二章 各向异性玻璃纖維材料的生产工艺学^①

各向异性玻璃纖維材料同其他一切玻璃增强塑料一样，也是玻璃纖維与粘結剂的結合体。高的机械强度是对于几乎所有玻璃增强塑料，特别是对結構用玻璃增强塑料所提出的主要要求。玻璃增强塑料的强度，主要是由起增强作用的玻璃纖維結構的强度来决定的。

現在，高强度的玻璃增强塑料是用紡織的玻璃纖維材料（布、帶、綫、紗等）为基材而制造的。

現代技术中采用两种形式的紡織玻璃纖維——連續纖維和玻璃棉；它們不但在生产工艺上有区别，而且在本身的物理-机械特性上也有不同。用玻璃纖維的紡織加工法制造玻璃增强塑料的流程圖和按照新方法生产的流程圖都画在圖1內。

玻璃棉的生产方法如下。用高压蒸气或压缩空气吹向由抽絲孔流出的玻璃液，結果得到象棉花一样的短纖維。这样得到的纖維落入箱內，在那里用噴油器噴上油并进行烘干；纖維由箱里出来就进入多孔回轉筒或落到傳送帶上，由于这些设备的內部真空的作用，纖維就在它們的表面上連續地堆成棉絮的样子。把它送去紡成紗，由紗制得的合股綫用来作生产各种玻璃布的原料。

連續玻璃纖維的制造方法如下。把由抽絲孔流出来的玻璃

^① 各向异性玻璃纖維材料的工业生产工艺，是由各向异性結構試驗室与塑料科学研究所共同制定的。这一工作是在С.И.約飞的领导下，由В.Н.柯特洛列夫及其他人参加进行的。

滴引向不大的、安装在快速旋轉圓筒（綫速度在2,500米/分左右）上的可拆卸卷絲管上；圓筒的旋轉速度越快，抽出的纖維就越細。由抽絲孔內同時抽出200根單元纖維，當這些纖維繞在可拆卸卷絲管之前，要經過塗油器，在這裡，纖維粘結成一股。然後把繞有纖維的卷絲管送到合股機上，把絲繞下并合股成綫；用合股綫作經綫和緯綫來織造玻璃布。織成的玻璃布要洗去塗上的油，烘乾，經過檢查、折迭和包裝，然後送到用它製造玻璃增強塑料的工廠里去。在那裡，玻璃布用粘結劑浸漬，烘乾。然後，玻璃布準備去成型。

以連續纖維織成的布為基材而製造的玻璃增強塑料，比以短纖維玻璃棉織成的布為基材而製造的玻璃增強塑料的強度大。

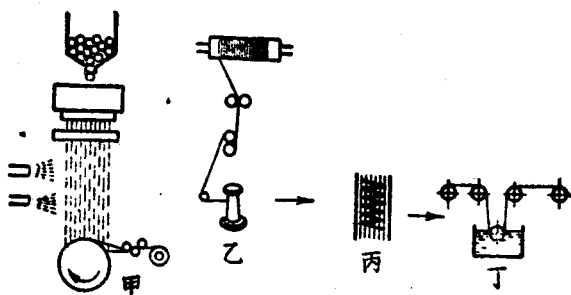
在外國的实际生產中，以及後來在蘇聯的实际生產中，都得出瞭這樣的見解：最堅強的玻璃增強塑料只能用玻璃布為基材來製造。但是，如果從最大限度地利用單元玻璃纖維的強度、提高玻璃增強塑料製造過程的生產能力和經濟效果的观点上來嚴格地對待這一問題，那麼就會發現這種見解是毫無根據的。

紡織加工的方法完全適合於用有機纖維織造布匹作為最終產品，因為這些纖維具有柔軟性和伸長能力。但是絕不能不考慮玻璃纖維的主要特性：性脆，對多次和快速機械變形的抵抗力弱，破壞時的伸長度小。在這方面，玻璃纖維材料的工藝學是沿着不正確的途徑發展著的：不是創造適合於新品種纖維特點的工藝學，而是力圖把新材料納入已經建立起來的有機纖維紡織工藝流程的範圍內。

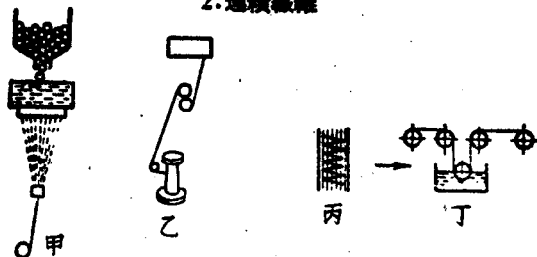
玻璃纖維的加工採取瞭不適合它的紡織過程，這一錯誤的途徑使現有的生產工藝力求得到最柔軟的玻璃纖維，而我們知

玻璃纖維的紡織加工

1. 玻璃棉



2. 連續纖維



用各向异性結構方法制造玻璃絲薄层板

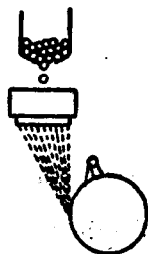


图1 制造玻璃增强苧料用的材料的生产流程图：
 甲——玻璃原綫的制造；乙——玻璃綫的合股过程；
 丙——織造过程；丁——浸漬布的制造过程。

道，这是要靠减小纖維的直徑来做到的。但是，这一趋势却与技术进步的基本原理——生产能力的提高——相矛盾，因为玻璃纖維的生产能力跟它的直徑的平方成比例地减小。因此，如果我们以直徑6微米（紡織玻璃纖維的平均直徑）的纖維的生产能力为1，那么当纖維的直徑增加到20微米时，在同一抽絲速度的情况下，生产能力将增加10倍。

另外一个缺点是制成的玻璃布的强度比单元玻璃纖維的强度大为降低；例如，用直徑5—7微米的玻璃纖維織成的帶子和布，它的拉力强度是10—20公斤/毫米²，而同一直徑的单元纖維的拉力强度却是200—250公斤/毫米²。强度这样降低（降低10—20倍）的主要原因是：在紡織加工过程中，以及在洗掉油脂、烘干和其他过程中，一部分纖維机械地被破坏；由于合股綫和編織綫中的纖維的拉伸不均匀，造成了材料中所有的纖維不是同时受負荷；綫織成布时纖維产生弯折；单元玻璃纖維沒有防护大气中湿气作用的能力等等。在紡織加工过程中，就是具有較大伸长能力的柔软有机纖維，也会有强度损失的现象出现；例如，亚麻纖維的强度是45—80公斤/毫米²，而亚麻布的强度只有6—10公斤/毫米²；棉花纖維的强度是30—60公斤/毫米²，而棉布的强度只有2.5—6.0公斤/毫米²。

由此可知，玻璃纖維的紡織加工方法阻碍了玻璃增强塑料生产的发展，限制了它的生产力的增长，并且大大地降低了这些物質的物理-机械指标。各向异性結構方法消除了这些矛盾，因而打开了玻璃增强塑料生产发展的广阔远景。

根据各向异性結構方法，用于成型的半成品材料（相似于用粘結剂浸漬的玻璃布）的制造过程簡化为一个操作——玻璃絲薄層板的制造。

生产玻璃絲薄層板的装置（圖2）由电爐和繞絲筒組成。电

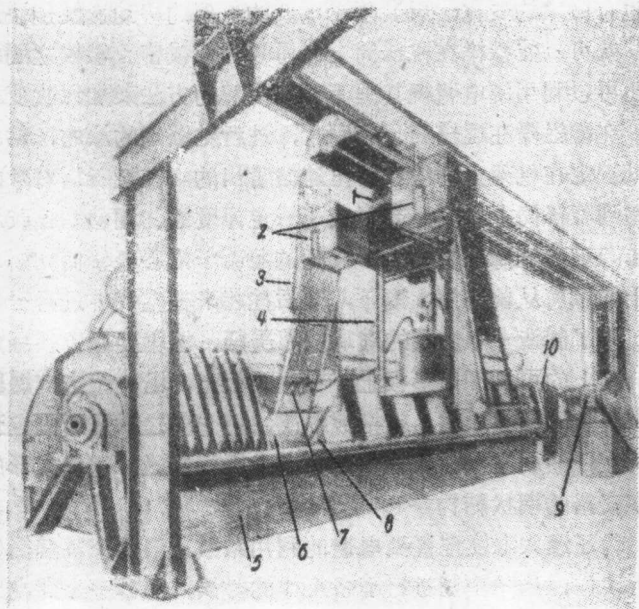


图2 制造各向异性玻璃纖維材料的裝置的示意图:

1——可移动机架；2——电爐；3——玻璃球自动給料器；4——玻璃纖維；5——繞絲筒外壳；6——繞絲筒；7——涂布粘結剂的噴霧器；8——玻璃絲薄层板；9——可移动机架的驱动裝置；10——繞絲筒的驱动裝置。

爐安装在可移动的机架上，这个机架可以沿着平行于繞絲筒的軸綫以各种不同的速度移动。在繞絲筒旋轉、同时帶电爐的机架移动的情况下，玻璃纖維由电爐的抽絲孔中抽出。这些纖維成平行的綫圈纏在繞絲筒上，把筒的表面全部盖住。当机架到达繞絲筒的边緣位置时，就向相反的方向移动；这时，在第一層纖維的上面就纏上第二層，此后，机架重新改变移动方向，如此繼續下去。这两个运动系統結合在一起，就有可能得到具有任意層数玻璃纖維的玻璃絲薄層板，并且，其中纖維的排列密

度也有极大的变化；只要讓帶电爐的机架的移动速度加快或减慢，就可以使纖維在繞絲筒上纏得較稀或較密。纖維之間的距離还可以利用使电爐繞其垂直軸繞旋轉的方法来加以改变。

在纖維纏在繞絲筒上的同时，进行粘結剂的涂布，粘結剂是从固定在机架上的噴霧器里連續噴出的。在把所需層数的纖維纏到繞絲筒上以后，就形成了一定厚度的、用粘結剂胶結好的单向玻璃絲薄層板的帶子。把这条帶子沿着繞絲筒切断，并在干燥以前从繞絲筒上取下，然后挂起来在空气中进行干燥。

为了制造十字交纏的玻璃絲薄層板，纖維要纏繞在固定于繞絲筒上的可拆卸方形板上；在这个板上，沿一个方向纏繞了所需層数的纖維以后，就把板取下，轉 90° 之后重新固定到繞絲筒上；然后在与前次垂直的方向上纏繞纖維，这样就形成了十字交錯的網状結構。

为了最大限度地提高电爐的利用系数，讓两个繞絲筒依次进行工作；当一个筒进行准备工作的时候，另外一个筒就进行纏繞纖維的工作。

为了生产各向异性玻璃纖維材料，采用长3米、直徑1米的繞絲筒，这样可以在一个工作循环之内从每个筒上得到 $9-10\text{米}^2$ 的玻璃絲薄層板。增加筒的工作面，可以得到較大尺寸的玻璃絲薄層板，用来制造大型制品（例如建筑板件等）。

用各向异性結構的方法可以制造出任意厚度的玻璃絲薄層板——由最薄的、用直徑3微米的纖維制成的电介体板（約10微米厚），到用直徑20微米以上的粗纖維制成的、用于制造結構材料的玻璃絲薄層板。

用粗纖維制造玻璃絲薄層板，并且对于一个繞絲筒大量增加抽絲孔的数目，减少纖維拆断的机会和延长纏繞操作循环等等，这一些措施可以使过程的生产能力提高。生产能力的提高，