

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren und/oder Verzwirnen von mit Kunststoff beschichteten Multi-Filamenten gemäss Anspruch 1.

[0002] Die Multi-Filamente finden beispielsweise für die Herstellung von kalibrierten dünnen Fäden, insbesondere Sägefäden für das Zuschneiden von präzisen Werkstücken in der Elektronikindustrie, oder für die Herstellung von Tapes und Prepregs, von faserverstärkten Kunststoffgranulaten, von faserverstärkten Formteilen sowie im Strangziehen Verwendung.

[0003] Die Herstellung von mit Kunststoff beschichteten Multi-Filamenten, welche vorzugsweise aus parallel ausgerichteten Endlofasern, aber auch in Form von Tapes oder Prepregs, bestehen, ist an sich bekannt. Dabei werden üblicherweise Multi-Filamente, welche aus Endlofasern bestehen, mit einem Kunststoff, oder einem Gemisch von Kunststoffen, welche diverse Zusatzstoffe enthalten können, beschichtet und in weiteren Verarbeitungsstufen, je nach Verwendungszweck, zu Fäden, zu Granulaten, zu faserverstärkten Formteilen oder zu pultrudierten oder extrudierten Profilen verarbeitet.

[0004] So ist es bekannt, im Schmelzbeschichtungsverfahren zu beschichtende Multi-Filamente durch die Schmelze eines thermoplastischen Kunststoffs zu führen, anschliessend abkühlen zu lassen, und dann weiterzuverarbeiten. In der praktischen Anwendung dieses Verfahrens, insbesondere bei hohem Faseranteil und zunehmender Faserlänge, werden aber eine hohe Streuung der Festigkeitswerte und zahlreiche örtliche Schwachstellen am Formteil festgestellt. Ähnlich verhält es sich in der Anwendung von Nassbeschichtungsverfahren, d.h. eines flüssigen Imprägnierbades, in welchem der Kunststoff in einem Lösungsmittel gelöst ist, wobei in diesem Fall noch die mit dem Abdampfen des Lösungsmittels verbundenen Schwierigkeiten hinzukommen.

[0005] Im Trockenbeschichtungsverfahren werden die zu beschichtenden Multi-Filamente vorzugsweise durch eine Wirbelschicht bewegt. Diese Wirbelschicht besteht in der Regel aus einem thermoplastischen Polymerpulver, in welchem gegebenenfalls Zusatzstoffe eingearbeitet (compoundiert) sind, oder aus einem duroplastisch härtbaren Kunststoffpulver oder Kunststoffpulver-Ausgangsgemisch, wobei dieses als Beschichtung auf die Multi-Filamente aufzieht. Es ist auch möglich, die einzelnen Komponenten der Beschichtung im Wirbelschichtverfahren, direkt auf die Faser in der gewünschten Zusammensetzung gleichmässig aufzubringen, wobei man gegebenenfalls die einzelnen in der Wirbelschicht sich befindenden Beschichtungskomponenten zusätzlich in der Wirbelschicht mischt, so dass eine Entmischung der einzelnen Komponenten praktisch verhindert wird. Anschliessend werden die beschichteten Multi-Filamente vorzugsweise in einem Durchlaufofen, beispielsweise mittels IR-Strahlung, zumindest teilweise aufgeschmolzen und dann wieder abgekühlt. Derart wird eine verbesserte Verteilung des Kunststoffs auf den Fasern des Multi-Filaments erreicht. Dieses Trockenbeschichtungsverfahren hat jedoch den Nachteil, dass ein Teil des zur Beschichtung verwendeten Pulvers unmittelbar nach dem Austritt aus der Beschichtungseinheit von den Fasern des Multi-Filaments wieder abfällt, wodurch der Pulverauftrag und damit der Harzanteil und/oder der Füllstoffanteil im Endprodukt eingeschränkt wird, was die Qualität des Endprodukts beeinträchtigt. Das Beschichtungspulver fällt aber auch noch im Durchlaufofen ab und zersetzt sich im Kontakt mit der überhitzten Ofenoberfläche, so dass Zersetzungsprodukte entstehen, welche über die Abluft in die Entlüftungsanlage und die Umwelt gelangen. Zudem gelangen diese Teilchen als Staub und als Zersetzungsprodukte auch in andere Teile der Produktionsanlage, insbesondere in die Filter der Entlüftungsanlage, und verschliessen dort die Filter der Entlüftungsanlage. Dies wiederum führt zu Ungleichgewichten in der Betriebsführung und den Betriebsbedingungen, was die Qualität der beschichteten Multi-Filamente negativ beeinflusst.

[0006] In allen Fällen der genannten Beschichtungsverfahren ergeben sich in der praktischen Anwendung, insbesondere bei hohem Multi-Filament-Anteil, eine hohe Streuung der Festigkeitswerte und zahlreiche örtliche Schwachstellen am gebildeten Multi-Filament-Faden und damit auch am Formteil. Insbesondere ergeben sich auch örtliche Unterschiede im Faserdurchmesser, in der Rundung bzw. im Rundungsgrad der Fasern des Multi-Filaments und in deren Belegung mit Kunststoff, was in der Folge die genannten Nachteile verursacht. Es besteht daher das Bedürfnis, diese Nachteile zu verringern oder gänzlich zu beheben.

[0007] Für die Herstellung von dünnen Multi-Filament-Fäden, insbesondere von Sägefäden für die Elektronik-Industrie zum Schneiden von präzisen Formteilen, beispielsweise von Formteilen, welche aus Siliziumkarbid bestehen, oder von Wafers, Chips und verwandten Formteilen oder in der Herstellung von Sonnenkollektoren, ist es im Weiteren nötig, dass diese Fäden sowohl möglichst dünn sowie auch sehr präzise, d.h. im gleichen Durchmesser entlang ihrer gesamten Länge, gearbeitet sind, wobei der Durchmesser dieser Fäden im Mikronbereich liegt, vorzugsweise im Bereich von 100–1000 µm Mikron (µm), und die Schwankungsbreite der linearen Abweichung des Durchmessers vom Sollwert innerhalb von nur wenigen Mikron liegen soll. In diesem Sinne ist eine sehr genaue Kalibrierung der Multi-Filament-Fäden notwendig, das heisst, dass man sowohl den Durchmesser als auch die Rundung des Fadens entlang der gesamten Fadenlänge innerhalb der vorgegebenen Masse genau einstellt und kontrolliert.

[0008] Für die Beschichtung von Multi-Filamenten, insbesondere in der Pulverbeschichtung, werden vorzugsweise «lineare» Multi-Filamente verwendet, worin die Endlofasern plan-parallel angeordnet sind, d.i. die so genannte «zero twist» Qualität. Diese Multi-Filamente lassen sich im Beschichtungsvorgang leichter auffächern und damit gleichmässiger beschichten.

[0009] Es wurde nun gefunden, dass man dünne Multi-Filamente, welche im Durchmesser entlang ihrer gesamten Länge genau gearbeitet sind, nur eine geringe lineare Abweichung in der Durchmesserlänge und somit einen hohen Rundungs-

grad aufweisen, und zudem sehr kompakt bzw. verdichtet sind, erhält, wenn man die mit Kunststoff beschichteten Endlosfasern, aus welchen das jeweilige Multi-Filament gebildet ist, oder mehrere solche Multi-Filamente im Verbund, auf welchen sich der Kunststoff in erwärmtem, geschmolzenem bzw. flüssigem Zustand befindet, anschliessend an die Beschichtung, gleichzeitig oder nacheinander in beliebiger Reihenfolge, sowohl kalibriert, d.h. den Durchmesser genau einstellt, als auch einer kontinuierlichen Drehung unterwirft bzw. verzwirnt. Vorzugsweise verwendet man hierzu eine rotierende Kalibrierdüse. Dabei werden die einzelnen Fasern des Multi-Filaments im Verfahren von der rotierenden Kalibrierdüse entlang der einzelnen Fäden rückwirkend in Richtung der Beschichtungsvorrichtung verzwirnt. Nach dem Durchlaufen der rotierenden Kalibrierdüse löst sich die Verzwirnung in hohem Masse wieder, so dass die Fasern der Multi-Filamente nach dem Durchlaufen der rotierenden Kalibrierdüse nur eine definierte Anzahl spiralförmiger Umdrehungen pro Meter aufweisen, im Wesentlichen aber linear angeordnet sind. Solche Multi-Filament-Fäden können anschliessend beispielsweise zusätzlich mit einem geeigneten Kunststoff und gegebenenfalls mit mineralischem Korn beschichtet und anschliessend ausgehärtet werden, so dass vorzügliche Sägefäden erhalten werden, welche für die Herstellung von elektronischen Formteilen, wie Wafers, Chips und verwandte Formteile, geeignet sind. Zusätzlich ergeben sich die Vorteile, dass sich das während der Beschichtung auf das Multi-Filament aufgebrachte Material im Multi-Filament besser verteilt und beim Eintritt in den Durchlaufofen nicht mehr von der beschichteten Faser des Multi-Filaments abfällt. Durch die erfindungsgemässe Kalibrierung und Verzwirnung wird der Multi-Filament-Faden homogenisiert und verdichtet und die eingeschlossenen Gase aus dem Verbund hinausgedrängt. Es entsteht ein kalibriertes «void free tape» mit hoher Dichte. Zudem kann der Füllstoffanteil im Beschichtungspremix deutlich erhöht werden, so dass Produkte mit geringerem Faseranteil und höherem Füllstoffanteil hergestellt werden können. Auch die Schüttdichte und die Rieselfähigkeit eines aus solchen erfindungsgemäss verdichteten Fäden hergestellten Granulats wird signifikant erhöht und die Flusenbildung bei der Granulierung erheblich vermindert.

[0010] Durch die in erfindungsgemässen Verfahren erfolgende Verzwirnung eines Multi-Filaments oder mehrerer Multi-Filamente miteinander wird deren Reissfestigkeit im Beschichtungsverfahren signifikant erhöht und kann ohne weiteres verdoppelt werden, so dass Fadenbrüche im Verfahren, insbesondere auch im Bereich zwischen der Beschichtungsvorrichtung und der Kalibrierdüse, auch bei hoher Fadenspannung weitgehendst vermieden werden.

[0011] Diese unerwarteten Vorteile erlauben es, das gesamte Verfahren unter bedeutend erhöhter Fadenspannung durchzuführen, was wiederum eine ausgeglichene Prozessführung und eine erhöhte Produktivität der Produktionsanlage erlaubt. Überraschenderweise bleiben in der Trockenbeschichtung als Folge der Verzwirnung auch relativ grobe Pulverpartikel mit einer Korngrösse von bis zu 800 µm im Verbund eingeschlossen, so dass auf eine unwirtschaftliche Feinstmahlung der Polymere mit engem Korngrössenspektrum verzichtet werden kann.

[0012] Die Erfindung ist in den Patentansprüchen definiert. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von mit Kunststoff beschichteten Multi-Filamenten gemäss Anspruch 1. Die Multi-Filamente werden derart kalibriert und einer kontinuierlichen Drehung unterworfen bzw. verzwirnt, dass die beschichteten einzelnen Fasern der Multi-Filamente im Verbund kalibriert und verzwirnt werden und einen kompakten geschlossenen Strang bilden. Dadurch entsteht ein homogenisiertes und verdichtetes Multi-Filament mit den vorgenannten Vorteilen.

[0013] Das derart behandelte Multi-Filament kann einer weiteren Beschichtung bzw. Nachbeschichtung unterzogen werden. In diesem Sinne betrifft die Erfindung im Weiteren ein Verfahren, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass man die kalibrierten und verzwirnten Multi-Filamente in einer Nachbeschichtung zusätzlich mit Kunststoff, gegebenenfalls im Gemisch mit mineralischem Korn, vorzugsweise bei einer Temperatur über dem Schmelzpunkt des Kunststoffs, beschichtet und anschliessend aushärtet oder erstarren lässt.

[0014] Die vorliegende Erfindung betrifft auch die Verwendung der erfindungsgemäss kalibrierten und verzwirnten Multi-Filamente gemäss Anspruch 14.

[0015] Darin eingeschlossen sind auch Gewebe, welche aus beschichteten Multi-Filamenten gewoben und gegebenenfalls anschliessend verpresst werden. Tapes umfassen auch endlos hergestellte faserverstärkte Tapes. Prepregs umfassen unidirektionale und gewebeverstärkte Prepregs.

[0016] Die vorliegende Erfindung betrifft auch die derart hergestellten Sägefäden, Tapes, Prepregs, faserverstärkten Kunststoffgranulate, faserverstärkten Formteile, faserverstärkten pultrudierten oder extrudierten Profile gemäss Anspruch 13. Im Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens.

[0017] Die genannten beschichteten, kalibrierten und verzwirnten einzelnen Multi-Filamente können im Schmelzbeschichtungsverfahren, im Nassbeschichtungsverfahren und/oder im Trockenbeschichtungsverfahren beschichtet worden sein, vorzugsweise im Trockenbeschichtungsverfahren.

[0018] Die Kalibrierung und Verzwirnung der Multi-Filamente kann man beispielsweise so durchführen, dass man anschliessend an den Beschichtungsvorgang die beschichteten, einzelnen Endlosfasern des Multi-Filaments durch mindestens eine Kalibriervorrichtung und mindestens eine Verzwirnungsvorrichtung führt. Vorzugsweise verwendet man eine rotierende Kalibrierdüse, wodurch diese Multi-Filamente im Verbund beim Durchlauf durch diese rotierende Kalibrierdüse gleichzeitig sowohl kalibriert als auch verzwirnt werden. Dabei rotiert die Kalibrierdüse mit so hoher Geschwindigkeit, dass die Multi-Filamente verzwirnt und auch kalibriert werden, wobei die Kalibrierung dadurch erreicht wird, dass sämtliches überschüssiges Beschichtungsmaterial, welches sich auf der Faser des Multi-Filaments befindet, weggeschleudert wird. Dabei ist der Durchmesser der Kalibrierdüse so eingestellt, dass der gewünschte Fadendurchmesser erhalten wird. Dabei

wird der Multi-Filament-Faden, wie bereits erwähnt, im Verfahren von der rotierenden Kalibrierdüse jeweils entlang des Fadens rückwirkend in Richtung der Beschichtungsvorrichtung verzwirnt. Nach dem Durchlaufen der rotierenden Kalibrierdüse löst sich die Verzwirnung in hohem Masse wieder, so dass die Fasern der Multi-Filamente nach dem Durchlaufen der rotierenden Kalibrierdüse nur eine definierte Anzahl spiralförmiger Umdrehungen pro Meter aufweisen.

[0019] Verwendet man eine rotierende Kalibrierdüse, so rotiert diese, wie erwähnt, mit mindestens einer so hohen Geschwindigkeit, dass sämtliches überschüssiges Beschichtungsmaterial, welches sich auf den Fasern des Multi-Filaments befindet, weggeschleudert wird. Dabei rotiert diese Düse, welche vorzugsweise in einer Hohlwelle angebracht bzw. fixiert ist und zusammen mit dieser Hohlwelle rotiert, mit einer geeigneten Geschwindigkeit von in der Regel mindestens 1500 Umdrehungen pro Minute (UpM), vorzugsweise mindestens 2000 UpM und vorzugsweise mit etwa 2500 UpM. Dabei wird die, vorzugsweise aus Hartmetall gefertigte, Düse vorzugsweise auf mindestens die Schmelztemperatur der Multi-Filament-Beschichtung erwärmt, d.h. in der Regel auf mindestens etwa 100°C und vorzugsweise auf etwa 150–180°C. Ebenso muss die Kunststoffbeschichtung der Fasern des Multi-Filaments flüssig sein, d.h. auf eine Temperatur erwärmt sein, welche in der Regel bei mindestens 100°C, und vorzugsweise bei mindestens etwa 150–200°C, bzw. etwa 50°C über dem Schmelzpunkt des Polymers liegt. Diese Erwärmung kann beispielsweise mittels IR-Strahlung erfolgen.

[0020] Es ist auch möglich, mehrere einzelne Kalibrier- und Verzwirnvorrichtungen, vorzugsweise mehrere rotierende Kalibrierdüsen, oder eine Kombination dieser Vorrichtungen, hintereinander in Serie zu schalten und die Multi-Filamente durch diese Vorrichtungen zu führen. Dadurch werden die Multi-Filamente noch genauer kalibriert und höher verzwirnt.

[0021] Vorzugsweise hat die rotierende Kalibrierdüse einen inneren Durchmesser im Bereich von etwa 100–1000 µm (Mikrometer, Mikron) vorzugsweise im Bereich von etwa 150–600 µm und insbesondere im Bereich von etwa 200–350 µm, beispielsweise etwa 200–240 µm, wodurch ein erfindungsgemäss hergestellter kalibrierter und verzwirnter bzw. homogener und verdichteter Multi-Filament-Faden mit einem entsprechenden Durchmesser erhalten wird. Dabei beträgt die durchschnittliche lineare Abweichung von Sollwert des Durchmessers am gehärteten Faden in der Regel weniger als 7%, und vorzugsweise weniger als 5%, und bewegt sich ebenfalls im Mikronbereich, was einen sehr hohen Rundungsgrad ergibt.

[0022] Vorzugsweise enthält der erhaltene verzwirnte Multi-Filament-Faden nach dem Durchlaufen der Kalibrierdüse etwa 2 bis 50 spiralförmige Umdrehungen pro Meter, das heisst, die einzelnen Multi-Filamente innerhalb des erhaltenen gezwirnten Multi-Filament-Faden bilden im Faden etwa 2 bis 50 Umdrehungen pro Meter, vorzugsweise etwa 2 bis 30 spiralförmige Umdrehungen pro Meter, vorzugsweise etwa 2 bis 20 Umdrehungen pro Meter und vorzugsweise etwa 3 bis 10 Umdrehungen pro Meter. Wurde ein Multi-Filament beschichtet, in welchem die einzelnen Endlosfasern in paralleler Form angeordnet sind, so bleibt im gezwirnten Multi-Filament die gegenseitige parallele Führung der einzelnen Fäden im Wesentlichen erhalten.

[0023] Als Multi-Filamente können erfindungsgemäss alle an sich bekannten Multi-Filamente verwendet werden, welche für die Herstellung von faserverstärkten Werkstoffen bekannt sind. Beispiele sind synthetische anorganische Fasern, insbesondere Glasfasern, C-Fasern, Kunststofffasern, insbesondere Aramidfasern (aromatisches Polyamid), Zylonfasern (PBO) 28 dtex (0.028 gr/m), oder Naturfasern, insbesondere Cellulosefasern. Die Filamentstärke beträgt vorzugsweise etwa 5 µm bis 20 µm und etwa 100 tex–4800 tex (0.1 g/m–4.8 g/m), vorzugsweise 600 tex–2400 tex, wie solche üblicherweise verwendet werden.

[0024] Als Kunststoff für die Beschichtung kann man erfindungsgemäss die an sich bekannten thermoplastischen Kunststoffe (als Compound oder als Premix) und/oder duroplastischen Formmassen (vorzugsweise als Premix) verwenden. Thermoplastische Formmassen bzw. Kunststoffe und deren Zusatzstoffe sind aus der Literatur in grosser Zahl bekannt. Synthetische thermoplastische Polymere sind vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe der Polyolefine, vorzugsweise Polyäthylen, insbesondere HDPE, oder Polypropylene (PP); Polykarbonate; Polyoxymethylene (POM); Polyethylenterephthalate (PET); Polybutylenterephthalate (PBT); Polyethylensulfide (PES); Polyphenylenoxide (PPO); Polyphenylensulfide (PPS); PSO; PVDS; thermoplastische Polykondensate, vorzugsweise Polyester und Polyamide, wie Polyamid 66, Polyamid 12 u.a.; Polyvinylacetate; Polystyrole; Polyacrylsäureester; Polymethacrylsäureester; Alkylen/Acrylsäure-Copolymere oder Alkylen/Methacrylsäure-Copolymere, vorzugsweise Äthylen/Acrylsäure-Copolymere; PEEK und PEK, Alkylen/Maleinanhydrid-Copolymere; oder Alkylen/Vinylalkohol-Copolymere. Bevorzugt sind HDPE, PP, Polykarbonate, POM, PET, PBT, PES, PPO, PPS, PSO, PVDS und thermoplastische Polyamide. Bevorzugt sind synthetische Polymere mit einem Erweichungspunkt von 100°C oder höher, vorzugsweise im Bereich von 140°C bis 390°C und besonders im Bereich von 150°C bis 350°C.

[0025] Duroplastische Kunststoffe in Form von Polykondensaten sind beispielsweise härtbare Phenol/Formaldehyd Kunststoffe (PF-Giessharze), härtbare Bisphenolharze, härtbare Harnstoff-/Formaldehyd-Kunststoffe (UF-Formmassen), Polyimide (PI), BMI-Formmassen und Polybenzimidazole (PBI). Duroplastische Kunststoffe in Form von Polyaddukten sind beispielsweise Epoxidharze (EP), Formmassen aus ungesättigten Polyesterharzen (UP-Formmassen), DAP-Harze (Polydiallylphthalat), MF-Formmassen, z.B. härtbare Melamin/Phenol/Formaldehyd-Formmassen oder vernetzte Polyurethane (PUR).

[0026] Als Zusätze für thermoplastische Formmassen bzw. Kunststoffe sowie für duroplastische Kunststoffe in Form von Polykondensaten oder Polyaddukten sind beispielsweise, neben dem Harz/Härter/Beschleuniger-System für Duroplaste, Trennmittel, Gleitmittel, Füllstoffe, Pigmente, Haftvermittler, Stabilisatoren und Inhibitoren. Solche Verbindungen sind an

sich bekannt, ebenso wie die für die Beschichtungen gemäss der vorliegenden Erfindung zu verwendenden bevorzugten Zusammensetzungen.

[0027] Die genannten Kunststoffe können im Schmelzverfahren bzw. direkt aus der Schmelze oder im Nassverfahren, das heisst in einem geeigneten Lösungsmittel, gelöst oder im Trockenbeschichtungsverfahren wie eingangs beschrieben als Beschichtung mit einer an sich bekannten geeigneten Apparatur auf die Multi-Filamente aufgetragen werden. Solche Vorrichtungen und die Verfahrensbedingungen sind dem Fachmann bekannt.

[0028] Werden die behandelten, d.h. kalibrierten und verzwirnten, Multi-Filamente einer Nachbeschichtung unterzogen, so können die genannten Kunststoffe sowie die genannten Beschichtungsverfahren, je nach Eignung und Wahl, unabhängig voneinander verwendet werden. Dabei kann der Kunststoff zusätzlich im Gemisch mit mineralischen, vorzugsweise kristallinen, Verbindungen verwendet werden und als Bindemittel für die mineralischen Stoffe dienen. Eine solche Nachbeschichtung ist insbesondere für die Herstellung von Sägefäden notwendig. Solche mineralische Stoffe sind beispielsweise anorganische Verbindungen, wie Oxide, Karbide, vorzugsweise in Pulverform, wie beispielsweise Magnesiumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumkarbid, oder auch andere Stoffe grosser Härte, wie beispielsweise kristalliner Kohlenstoff, vorzugsweise Diamanten, insbesondere Industriediamanten, vorzugsweise in Form von Diamantpulver. Die Korngrösse des Pulvers liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 5 μm –300 μm , vorzugsweise im Bereich von etwa 10 μm –100 μm und insbesondere im Bereich von etwa 10 μm –30 μm . Bevorzugt für die Nachbeschichtung sind Kunststoffe mit einem Erweichungspunkt von 100°C oder höher, vorzugsweise im Bereich von 140°C bis 390°C und besonders im Bereich von 150°C bis 350°C, wobei dieselben Verfahrenstemperaturen zur Anwendung kommen, wie diese für die Beschichtungsvorrichtung hierin beschrieben sind.

[0029] Die im Anhang gegebene Fig. 1 illustriert ein Schema einer Vorrichtung für die erfindungsgemässe Beschichtung und Nachbeschichtung eines Multi-Filaments, enthaltend drei in Serie geschaltete rotierende Kalibrierdüsen, welche das Multi-Filament zuerst auf 300 μm , dann auf 260 μm , und anschliessend auf 240 μm kalibrieren und gleichzeitig verzwirnen. Zur Illustration ist nach dem ersten IR-Ofen eine separate Zwirnvorrichtung angebracht.

[0030] Fig. 2 zeigt eine rotierende Kalibriervorrichtung, enthaltend die rotierende Kalibrierdüse, im Querschnitt.

[0031] Fig. 3 zeigt eine Zwirnvorrichtung in der Aufsicht.

[0032] Fig. 4 und Fig. 4A zeigen eine rotierende Zwirndüse mit Scherteil, bestehend aus einem Konus für den Schmelzenkegel A, der Zentrierbohrung B, der Querbohrung D, dem Flachkanal C, den Lagern E und F sowie dem Zahnkranz G. Dabei tritt das mit geschmolzenem Kunststoff beschichtete Multi-Filament durch die Zentrierbohrung B in die Zwirndüse, expandiert in der Querbohrung D und tritt durch den Flachkanal C wieder aus. Die Zwirndüse dreht bei diesem Vorgang mit 1000 bis 2500 Umdrehungen pro Minute. Durch den veränderten Querschnitt kommt es zu einem Schereffekt. Die inneren Endlofasern des Multi-Filaments werden dabei deutlich besser aufgeschlossen. Man erhält somit ein homogenes Multi-Filament mit gleichmässigem Harzgehalt. Dieses ist kompakter und lässt sich zu einem besseren Granulat granulieren. Die Dichte des Multi-Filaments ist höher. Das beschichtete Multi-Filament wird durch die Rotation und durch den Flachkanal bis zur Beschichtung verzwirnt, so dass das beschichtete Multi-Filament ohne Verlust an Beschichtungspartikeln den IR-Ofen passiert. Der Zahnkranz ermöglicht es, verschiedene Zwirndüsen auf engem Raum in Linie nebeneinander anzuordnen und gegenseitig anzutreiben.

[0033] Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der Kalibrierdüse, analog zu der in den Fig. 4 und Fig. 4A gezeigten, wobei aber der Flachkanal B enger ist als der als Kalibrierbohrung C bezeichnete Kanal.

[0034] Die im Anhang als Fig. 1 dargestellte Vorrichtung (1) besteht aus einer Abwicklungsvorrichtung (2), der Beschichtungsvorrichtung (3), der beiden IR-Öfen (4), der Nachbeschichtungsvorrichtung (5), der in Serie geschalteten drei Kalibriervorrichtungen (6), welche jeweils eine rotierende Kalibrierdüse (7) aufweisen, der Zwirnvorrichtung (8), der Konditioniervorrichtung (9) sowie der Wickeleinheit (10). Dabei ist die erste Kalibriervorrichtung direkt nach der Beschichtungsvorrichtung (3) montiert. Die beiden andern Kalibriervorrichtungen (6) sind anschliessend an den ersten IR-Ofen (4) angebracht. Eine Zwirnvorrichtungen (8) ist zur Illustration der zweiten Kalibriervorrichtung (6) vorgeschaltet.

[0035] Bedeutet die Beschichtungsvorrichtung (3) eine Vorrichtung für das Trockenbeschichtungsverfahren im Wirbelbett, so liegt die Korngrössenverteilung der Beschichtungs Komponente oder der Beschichtungs Komponenten in der Trockenbeschichtung vorzugsweise im Bereich von 30 μm –250 μm , vorzugsweise im Bereich von 50 μm –300 μm . Die durchschnittliche Korngrösse liegt zur Hauptsache vorzugsweise bei etwa 50 μm –150 μm .

[0036] Für die erfindungsgemässe Beschichtung von Multi-Filamenten im Trockenbeschichtungsverfahren mit einem Reaktionsharz, wie z.B. einem Epoxidharz, verwendet man vorzugsweise eine Schmelzentemperatur im Bereich von 60°C–400°C, vorzugsweise 70°C–220°C, eine Walzentemperatur von 10°C–200°C, vorzugsweise 20°C–50°C, eine Fädengeschwindigkeit von 3–200 Meter pro Minute, vorzugsweise 50–150 Meter pro Minute. Die Verarbeitungsbedingungen für die diversen Kunststoffe sind an sich bekannt und richten sich auch nach der Grösse der verwendeten Apparatur und können vom Fachmann ohne weiteres für den jeweilig verwendeten Kunststoff bzw. für das jeweilig verwendete Harz richtig angewendet werden.

[0037] Im Pulverbeschichtungsverfahren selbst werden die Multi-Filamente von einem Rovinggestell, vorzugsweise von der Aussenseite der Rolle, abgewickelt und in die Beschichtungseinheit geführt, wo sie vorzugsweise aufgefächert werden und das Wirbelschichtbad durchlaufen. Das Wirbelschichtbad umfasst im Prinzip eine Wanne und enthält die Zuführung für

die Beschichtungskomponente bzw. Beschichtungskomponenten sowie den Fluidboden, der vorzugsweise aus gesintertem Aluminium besteht und durch welchen die Zuluft zum Fluidisierbecken, das ist die Fluidisierluft zur Aufrechterhaltung der Wirbelschicht, eingeleitet wird. Dabei ist der Durchmesser der Perforationen im perforierten Zwischenboden (Fluidboden) kleiner als die Korngrösse des verwendeten Beschichtungspulvers bzw. der Beschichtungskomponenten oder des Granulats. Durch die Perforationen wird von unten her Luft oder ein Inertgas eingeblasen, so dass ein wallendes Pulver- oder Granulatbad bzw. eine Wirbelschicht entsteht. Im Wirbelschichtbad befinden sich auch mehrere Umlenkrollen oder Umlenkstäbe zur Auffächerung und Straffung der Fasern. Die Beschichtungseinheit kann mit einer Einrichtung zur zusätzlichen Durchmischung der Beschichtungskomponenten, z.B. eine Mischvorrichtung für eine zusätzliche mechanische Durchmischung der Beschichtungskomponenten, versehen sein.

[0038] Die Temperatur der Zuluft zum Fluidisierbecken, das heisst die Konditionierung der Fluidisierluft, wird proportional zum Schmelzpunkt des Polymerpulvers gesteuert. Damit kann die Pulverauftragsmenge gesteuert werden. Es wird vorzugsweise ein Fluidboden aus gesintertem Aluminium verwendet. Die Konditionierung der Fluidisierluft ermöglicht es, Thermoplastpulver mit hohem Schmelzpunkt bereits während der Beschichtung bis unter die Erweichungstemperatur vorzuheizen und damit die erforderliche Aufheizzeit zu reduzieren. So kann die Produktivität bei Thermoplasten mit hohem Schmelzpunkt erheblich erhöht werden. Die Erwärmung bei der Konditionierung darf bei Reaktivharzgemischen allerdings nur bis genügend unterhalb der Temperatur (On-Set-Temperatur) erfolgen, bei welcher der exotherme Aushärtungsvorgang dieser Harzgemische einsetzt.

[0039] Nachdem die beschichteten Multi-Filamente das Wirbelschichtbad verlassen haben, durchlaufen sie die in Fig. 2 dargestellte rotierende Kalibriervorrichtung (6), enthaltend eine aus Hartmetall gefertigte rotierende Kalibrierdüse (7), durch welche die Endlosfasern des Multi-Filaments beim Durchlauf gleichzeitig sowohl kalibriert als auch verzwirnt werden. Die Kalibrierdüse (7) ist in einer Hohlwelle fixiert und rotiert zusammen mit dieser Hohlwelle. Die rotierende Hohlwelle kann durch einen an sich bekannten Elektroantrieb angetrieben werden. Die Kalibrierdüsen können auch in Zahnräder integriert werden, wobei die einzelnen Zahnräder in Linie ineinandereingreifen und sich antreiben.

[0040] Anschliessend an die erste Kalibriervorrichtung (6) werden die beschichteten Multi-Filamente durch einen Infrarotofen (4) bzw. einen Durchlaufofen geführt, wo sie erwärmt werden. Zu diesem Zweck enthält der Durchlaufofen vorzugsweise einen Infraroterhitzer. Dabei wird die Beschichtung leicht flüssig oder pastös, aber nicht so flüssig, dass sie von den Multi-Filament abtropfen kann. In diesem Zustand kann mittels einer Nachbeschichtung anschliessend in einer weiteren analog konstruierten Beschichtungseinrichtung (5) weiteres Beschichtungspulver oder Granulat aufgebracht werden, welches mit anorganischem Material, wie vorgehend beschrieben, gemischt sein kann. Der beschichtete, abgekühlte Multi-Filament-Faden kann auch durch über den Schmelzpunkt erhitztes und fluidisiertes Mineral- oder Metallpulver geführt werden, wobei die Temperatur und die Verweilzeit die Schichtdicke des aufgetragenen Materials bestimmen. Anschliessend wird in einem weiteren Infrarotofen behandelt. In dieser Weise kann die gewünschte Menge Kunststoff, die auf die Fasern aufgebracht werden soll, noch ergänzt werden. Derart können Fadengewichte mit sehr niedrigem Faseranteil, beispielsweise Fäden mit nur 15 Gew.-% Faseranteil, erhalten werden. Die Nachbeschichtung kann auch als Isolation dienen.

[0041] In Fig. 3 gezeigte Zwirnvorrichtung (8), mit welcher man die beschichteten Multi-Filamente einer kontinuierlichen Drehung bzw. Zwirnung unterwirft, jedoch nicht kalibriert, ist vorzugsweise nach dem ersten Durchlaufofen (4) im Schmelzenbereich des/der beschichteten Multi-Filamente installiert. Infolge der Fadenspannung bewirkt die Zwirnvorrichtung (8) eine Drehung des Multi-Filaments bzw. eine Zwirnung, die gleichmässig und kontinuierlich über das gesamte Multi-Filament rückwirkend bis zum Austritt des beschichteten Multi-Filaments aus der Beschichtungsvorrichtung (2) oder der Kalibrierdüse (7) stattfindet.

[0042] Vorzugsweise besteht die Zwirnungsvorrichtung, wie in Fig. 3 gezeigt, aus zwei gekühlten, mit V-Nuten versehenen Wellen, welche im Winkel von weniger als 90° (<90°), vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 5° bis 20°, hintereinander angeordnet sind und die 2. Welle vorzugsweise rechtwinklig zur Laufrichtung der Multi-Filamente angeordnet ist. Die 1. Nutwelle steht mit einem Winkel über oder unter 90° zur Fadenrichtung, vorzugsweise in einem Winkel von mindestens 91° bzw. 89° (>1°), vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 60° bis 120°. Die beschichteten Multi-Filamente laufen beispielsweise über die erste Welle und unter der zweiten Welle durch, das heisst die Multi-Filamente werden über die erste Welle und anschliessend unter der zweiten Welle jeweils in deren V-Nute durchgeführt. In diesem Fall rotiert die erste Welle nach links und die zweite Welle nach rechts. Dabei ist die V-Nute der 1. Welle in der Längsachse der Multi-Filamente um mindestens 1 mm, vorzugsweise um 5 mm, seitlich versetzt, so dass die Längsachse der Multi-Filamente seitlich über die Schrägflanken der 1. Welle läuft. Die Multi-Filamente werden durch die Winkelanordnung der Wellen und durch den Versatz der Nuten an die V-Flanken gedrückt und durch die quer zur Längsachse der Multi-Filamente wirkende Komponente verdreht bzw. gezwirnt, so dass eine Rechts- bzw. Linksdrehung der Multi-Filamente resultiert. Die Anzahl der Drehungen pro Meter wird primär durch die Winkelöffnung der 1. Welle bestimmt. Die Rotation der Nutwellen wird durch die Reibung mit den beschichteten Multi-Filamenten oder zusätzlich durch Fremdantrieb erreicht. Die Anzahl der Drehungen pro Meter ist produktabhängig und wird durch Optimierung der Winkelanordnung und der Reibung des beschichteten Multi-Filaments in den V-Nuten bestimmt, was für den Fachmann kein Problem darstellt.

[0043] Die Zwirnvorrichtung ist vorzugsweise nach dem ersten oder gegebenenfalls nach einem weiteren Durchlaufofen angebracht bzw. installiert. Die Drehung wirkt gleichmässig, wie bereits oben beschrieben, über die gesamte Länge der Multi-Filamente rückwirkend bis zu dem Ort, wo die Multi-Filamente die Beschichtungsvorrichtung, bzw. für das vorliegende Beispiel, die 1. Kalibrierdüse verlassen.

[0044] Nachdem die Multi-Filamente beschichtet, kalibriert und gezwirnt, und gegebenenfalls nachbeschichtet sind, werden diese nun durch eine Konditioniervorrichtung (9) geführt, welche aus einer Kühleinrichtung und gegebenenfalls einer Erwärmungseinrichtung besteht. Wurde als Beschichtung ein Epoxidharzgemisch aufgebracht, so werden die Multi-Filamente gegebenenfalls erneut erwärmt, wobei das Epoxidharzgemisch vorgeliert bzw. vernetzt, jedoch nicht ausgehärtet wird. Die Kühlung ist vor allem auch deshalb notwendig, weil der Multi-Filament-Kunststoff-Verbund anschliessend durch ein Walzenpaar gezogen wird, welches diesen Verbund transportiert. Am Ort des Walzenpaares muss der Multi-Filament-Kunststoff-Verbund einen festen Zustand aufweisen, da sonst der Kunststoff an den Walzen des Walzenpaares haften kann, wodurch diese verschmutzt würden und unter Umständen ein zuverlässiger Transport des Multi-Filament-Kunststoff-Verbunds behindert würde. Vorzugsweise durchläuft der Multi-Filament-Kunststoff-Verbund noch eine Erwärmungseinrichtung, in welcher eventuell vorhandene Spannungen in dem Verbund abgebaut werden. Anschliessend kann das erhaltene beschichtete Multi-Filament aufgewickelt oder granuliert werden.

[0045] Verwendet man ein Pultrusionswerkzeug, so ist dieses vorzugsweise nach der Zwirnvorrichtung installiert. Die Apparatur hat für diesen Fall vorzugsweise den folgenden Aufbau:

[0046] Spulengatter → Beschichtungsbad → IR-Ofen → Kalibrier-/Zwirnvorrichtung → Pultrusionswerkzeug → Profilauszugwerk.

[0047] Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens, umfassend mindestens eine Beschichtungsvorrichtung (3) für die Beschichtung des Multi-Filaments im Schmelzbeschichtungsverfahren oder im Nassbeschichtungsverfahren oder im Trockenbeschichtungsverfahren, mindestens einen IR-Ofen (4) als Durchlaufvorrichtung (für das Nass- und im Trockenbeschichtungsverfahren) für die Fixierung der Beschichtung, gegebenenfalls eine Nachbeschichtungsvorrichtung (5) verbunden mit einem weiteren IR-Ofen (4), und mindestens eine Konditioniervorrichtung (9), bestehend aus einer Kühleinrichtung und gegebenenfalls einer Erwärmungseinrichtung zur abschliessenden Konditionierung des beschichteten Multi-Filaments, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich anschliessend an die Beschichtungsvorrichtung (3), jedoch vor der Konditioniervorrichtung (9) und vor einer gegebenenfalls anwesenden Nachbeschichtungsvorrichtung (5), mindestens eine Kalibriervorrichtung (6) und mindestens eine Zwirnvorrichtung (8), vorzugsweise eine Kalibriervorrichtung (6), welche gleichzeitig kalibriert und verzwirnt, installiert ist, durch welche die beschichteten einzelnen Endlosfasern des Multi-Filaments über deren gesamte Länge unmittelbar nach dem Verlassen der Beschichtungsvorrichtung (3) kalibriert und verzwirnt werden und einen kompakten geschlossenen Faden bilden.

[0048] Die folgenden Beispiele illustrieren die Erfindung.

Beispiel 1

[0049] PBO-Multi-Filament enthaltend 160 Filamente mit einem Filamentdurchmesser von jeweils 0.005 mm, 0.012 mm und 0.014 mm (5 µm, 12 µm und 14 µm) werden im Trockenbeschichtungsverfahren mit einer Matrix beschichtet, welche ein übliches Bisphenolharz und Härter (50.0% der gesamten Beschichtung) sowie übliche Trennmittel, Gleitmittel, Füllstoffe und Pigmente (50.0%), in üblicher Zusammensetzung enthält. Die Komponenten der Matrix werden in einem Mischer gemischt und haben eine Korngrössenverteilung im Bereich von 30 µm bis 100 µm. Das Beschichtungsverfahren wird einer vorgehend in der Beschreibung beschriebenen Apparatur durchgeführt, wobei eine in der EP-A-0 680 813 beschriebene Beschichtungseinheit verwendet wird. Direkt nach der Beschichtungseinheit ist eine Kalibriervorrichtung, enthaltend eine in einem Hohlrohr montierte rotierende Düse zur kontinuierlichen gleichzeitigen Kalibrierung und Verzwirnung der Multi-Filamente installiert. Diese Kalibriervorrichtung entspricht der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung. Die Düse hat einen inneren Durchmesser von 300 µm. Eine zweite und eine dritte solche Kalibriervorrichtung mit jeweils einem Düsendurchmesser von 260 µm und 240 µm sind in Serie anschliessend an den IR-Durchlaufofen angebracht.

[0050] Dabei werden die Multi-Filamente von einem Rovinggestell von aussen oder von innen beginnend, vorzugsweise von aussen, abgewickelt, aufgefächert und über vier Umlenkstangen durch das Wirbelschichtbad geführt. Die beschichteten Multi-Filamente durchlaufen anschliessend eine Pulver-Kalibriervorrichtung (kann, aber muss nicht so sein), dann den Infrarotdurchlaufofen bei einer Temperatur von 180°C und anschliessend die beiden in Serie geschalteten weiteren rotierenden Kalibriervorrichtungen. Die beschichteten Multi-Filamente werden dann in der Konditioniereinheit konditioniert und gekühlt, so dass der Kunststoff fest wird.

[0051] Es wurden beschichtete Multi-Filamente mit einem Durchmesser von 240 µm und einer Abweichung auf der Länge des Fadens von weniger als 0.5% erhalten. Es konnte praktisch keine Rauchentwicklung von zersetztem Beschichtungsmaterial im Durchlaufofen und in der Konditioniereinheit festgestellt werden. Die Fadengeschwindigkeit (Durchsatz) betrug 140 Meter pro Minute.

Beispiel 2 (Vergleichsbeispiel)

[0052] Beispiel 1 wird wiederholt mit der Massgabe, dass auf die Installation der Kalibriervorrichtung verzichtet und der Multi-Filament-Faden nur verzwirnt wird.

[0053] Es wurden beschichtete Multi-Filamente mit einem Durchmesser von etwa 300 µm und einer Abweichung auf der Länge des Fadens von 15% erhalten. Es konnte eine Rauchentwicklung von zersetztem Beschichtungsmaterial im

Durchlaufofen und in der Konditioniereinheit festgestellt werden. Die Fadengeschwindigkeit (Durchsatz) betrug 80 Meter pro Minute.

Beispiel 3

[0054] Beispiel 1 wird wiederholt mit der Massgabe, dass das Bisphenolharz und der Härter sowie die Zusatzstoffe ersetzt werden durch ein thermoplastisches Polyimid (Aurum®, der Firma Mitsui Chem. Co.) mit einem Schmelzpunkt von 388°C. Es wurden analoge Resultate, wie in Beispiel 1 angegeben, erhalten.

Beispiel 4

[0055] Beispiel 1 wird wiederholt mit der Massgabe, dass das Bisphenolharz und der Härter sowie die Zusatzstoffe ersetzt werden durch ein thermoplastisches Polamid-12-Pulver mit einem Schmelzpunkt von 170°C. Es wurden analoge Resultate, wie in Beispiel 1 angegeben, erhalten.

Beispiel 5 (Vergleichsbeispiel)

[0056] Die Beispiele 1, 3 und 4 werden wiederholt mit der Massgabe, dass auf die Installation der Kalibrier- und Zwirnvorrichtung verzichtet wird. Auch hier waren die Resultate aus den Beispielen 1, 3 und 4 den Resultaten aus Beispiel 5 deutlich überlegen. Im Verfahren gemäss den Beispielen 1, 3 und 4 war die Fadenqualität, sowie der Verlust an Beschichtungsmaterial im Durchlaufofen, erheblich kleiner als im Beispiel 5. Ebenso war die Schüttdichte eines gemäss den Beispielen 1, 3 und 4 erhaltenen Granulats merklich höher als diejenige gemäss Beispiel 5. Auch der Durchsatz war in den Beispielen 1, 3 und 4 im Vergleich zu Beispiel 5 deutlich höher.

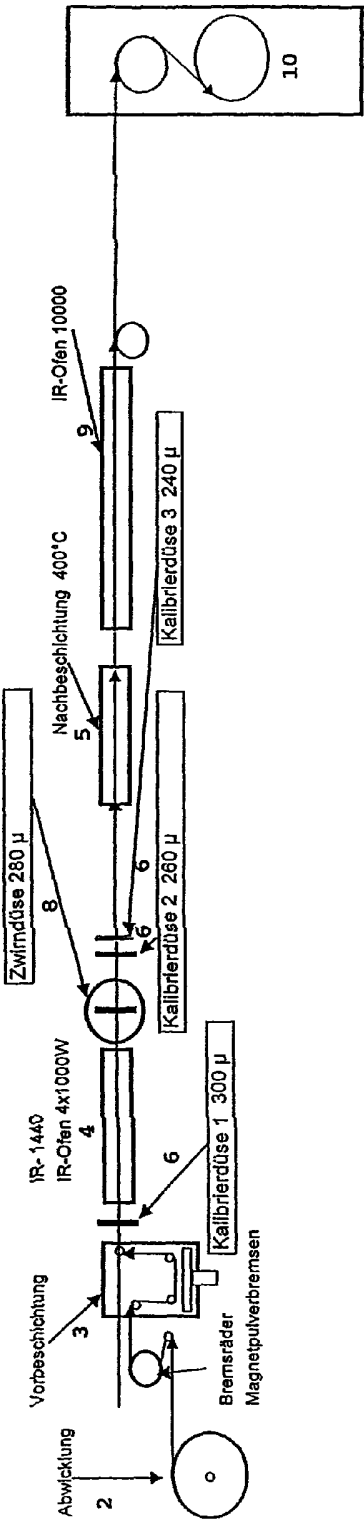
Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von mit Kunststoff beschichteten Multi-Filamenten, dadurch gekennzeichnet, dass die mit Kunststoff beschichteten Endlosfasern, aus welchen das jeweilige Multi-Filament gebildet ist, auf welchen sich der Kunststoff in erwärmtem, geschmolzenem bzw. flüssigem Zustand befindet, anschliessend an die Beschichtung gleichzeitig, oder in beliebiger Reihenfolge nacheinander, kalibriert und/oder verzwirnt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die kalibrierten und verzwirnten Multi-Filamente in einer Nachbeschichtung zusätzlich mit einem weiteren Kunststoff, gegebenenfalls mit mineralischem Korn, bei einer Temperatur über dem Schmelzpunkt des weiteren Kunststoffs beschichtet werden und anschliessend aushärtet oder erstarren gelassen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass anschliessend an den Beschichtungsvorgang die beschichteten, einzelnen Endlosfasern des Multi-Filaments durch eine rotierende Kalibrierdüse geführt werden, wobei die Kalibrierdüse mit so hoher Geschwindigkeit rotiert, dass sämtliches überschüssiges Beschichtungsmaterial, welches sich auf der Faser befindet, weggeschleudert wird, so dass die einzelnen Endlosfasern des Multi-Filaments gleichzeitig kalibriert und verzwirnt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die rotierende Düse in einer Hohlwelle fixiert ist und zusammen mit dieser Hohlwelle rotiert, vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit von mindestens 1500 Umdrehungen pro Minute (UpM), vorzugsweise mindestens 2000 UpM und vorzugsweise mit etwa 2500 UpM.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse auf mindestens die Schmelztemperatur der Kunststoffbeschichtung des Multi-Filaments erwärmt ist und die Kunststoffbeschichtung des Multi-Filaments in erwärmtem flüssigem Zustand ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere rotierende Kalibrierdüsen in Serie geschaltet sind und die Multi-Filamente durch diese Kalibrierdüsen geführt und derart kalibriert und verzwirnt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierdüse einen inneren Durchmesser im Bereich von 100–1000 µm, vorzugsweise im Bereich von 150–600 µm und insbesondere im Bereich von 200–350 µm, vorzugsweise 200–240 µm, aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das kalibrierte und verzwirnte Multi-Filament 2 bis 50 spiralförmige Umdrehungen pro Meter, vorzugsweise 2 bis 30 spiralförmige Umdrehungen pro Meter, vorzugsweise 2 bis 20 Umdrehungen pro Meter, und vorzugsweise 3 bis 10 Umdrehungen pro Meter, aufweist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern, aus welchen die Multi-Filamente gebildet sind, synthetische anorganische Fasern, insbesondere Glasfasern, C-Fasern, Kunststofffasern, insbesondere Aramidfasern, PBO-Fasern oder Naturfasern, insbesondere Cellulosefasern, darstellen und deren Filamentstärke vorzugsweise 5 µm bis 20 µm und 100 tex–4800 tex (0.1 g/m–4.8 g/m), vorzugsweise 600 tex–2400 tex, beträgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Multi-Filamente mit mindestens einem synthetischen thermoplastischen Kunststoff mit einem Erweichungspunkt von 100°C oder höher, vorzugsweise im Bereich von 140°C bis 390°C und besonders im Bereich von 150°C bis 350°C, beschichtet werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Multi-Filamente mit mindestens einem duroplastischen Kunststoff in Form von Polykondensaten, vorzugsweise härtbare Phenol/Formaldehyd Kunststoffe, härtbare Bisphenolharze, härtbare Harnstoff/Formaldehyd-Kunststoffe, Polyimide, BMI-Formmassen und Polybenzimidazole oder mit mindestens einem duroplastischen Kunststoff in Form von Polyaddukten, vorzugsweise Epoxidharze, Formmassen aus ungesättigten Polyesterharzen, DAP-Harze, MF-Formmassen, vorzugsweise härtbare Melamin/Phenol/Formaldehyd-Formmassen, oder vernetzte Polyurethane, beschichtet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffe in der Nachbeschichtung zusätzlich im Gemisch mit mineralischen, vorzugsweise kristallinen, Verbindungen verwendet werden, vorzugsweise zusammen mit anorganischen Verbindungen, vorzugsweise Oxide, Carbide, vorzugsweise in Pulverform, vorzugsweise Magnesiumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumkarbid, kristalliner Kohlenstoff, vorzugsweise Diamanten, insbesondere Industriediamanten, wobei deren durchschnittliche Korngrösse im Bereich von 5 µm–300 µm, vorzugsweise im Bereich von 10 µm–100 µm und insbesondere im Bereich von 10 µm–30 µm liegt.
13. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Herstellung von Sägefäden, Tapes, Prepregs, faserverstärkten Kunststoffgranulaten, faserverstärkten Formteilen, faserverstärkten pultrudierten oder extrudierten Profilen.
14. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Herstellung von kalibrierten und verzwirnten Multi-Filamenten für die Herstellung von Sägefäden sowie für die Herstellung von Tapes und Prepregs, von faserverstärkten Kunststoffgranulaten und faserverstärkten Formteilen oder von faserverstärkten pultrudierten oder extrudierten Profilen sowie für Gewebe, welche aus beschichteten Rovings gewoben und gegebenenfalls anschliessend verpresst werden.
15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend mindestens eine Beschichtungsvorrichtung (3) für die Beschichtung der Multi-Filamente im Schmelzbeschichtungsverfahren oder im Nassbeschichtungsverfahren oder im Trockenbeschichtungsverfahren, mindestens einen Infrarotofen (4) als Durchlaufvorrichtung für die Fixierung der Beschichtung, gegebenenfalls eine Nachbeschichtungsvorrichtung (5) verbunden mit einem weiteren Infrarotofen (4), und mindestens eine Konditioniervorrichtung (9), bestehend aus einer Kühleinrichtung und gegebenenfalls einer Erwärmungseinrichtung zur abschliessenden Konditionierung des beschichteten Multi-Filaments, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich anschliessend an die Beschichtungsvorrichtung (3), jedoch vor der Konditioniervorrichtung (9) und vor einer gegebenenfalls anwesenden Nachbeschichtungsvorrichtung (5), mindestens eine Kalibriervorrichtung (6) und mindestens eine Zwirnvorrichtung (8), vorzugsweise eine Kalibrierdüse (6), welche gleichzeitig kalibriert und verzwirnt, installiert ist, durch welche die beschichteten Multi-Filamente über deren gesamte Länge unmittelbar nach dem Verlassen der Beschichtungsvorrichtung (3) im Betrieb kalibriert und verzwirnt werden und einen kompakten geschlossenen Faden bilden.

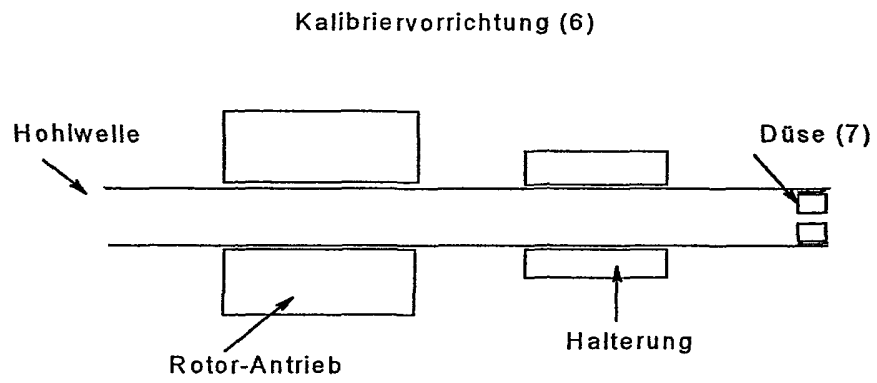
Figur 1

1

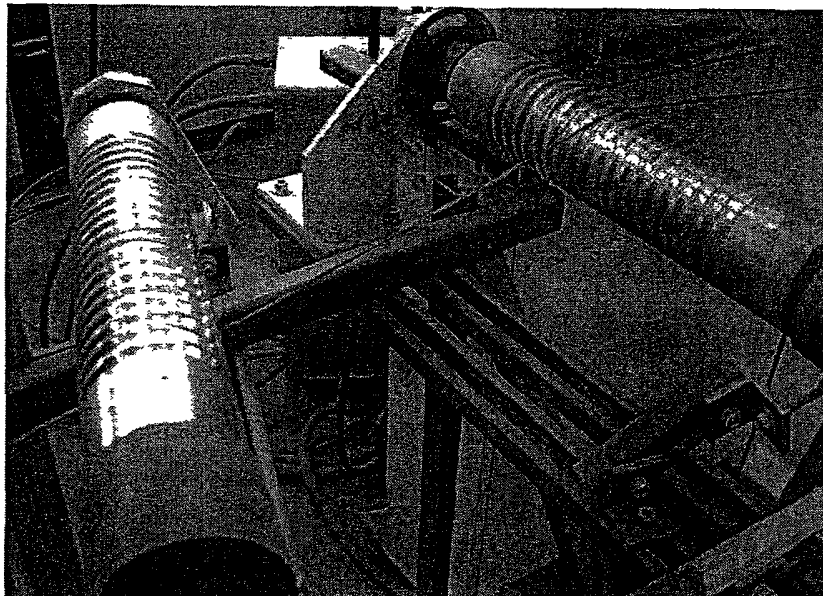


Wickelmaschine SAHM

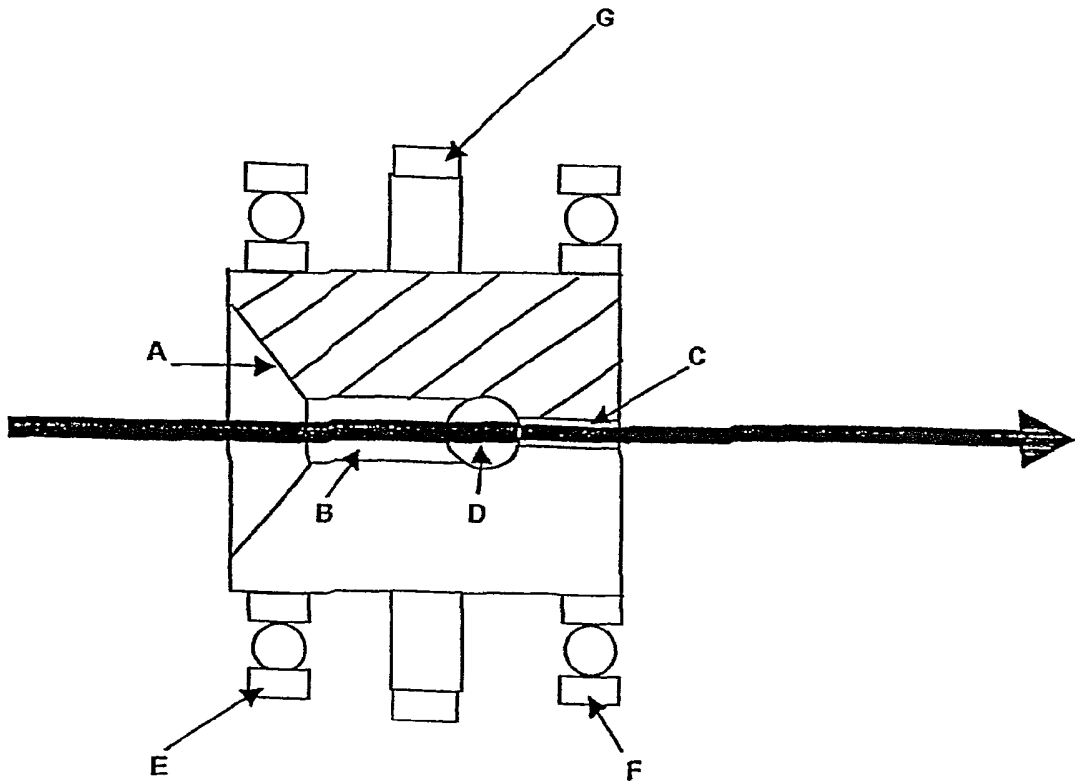
Figur 2



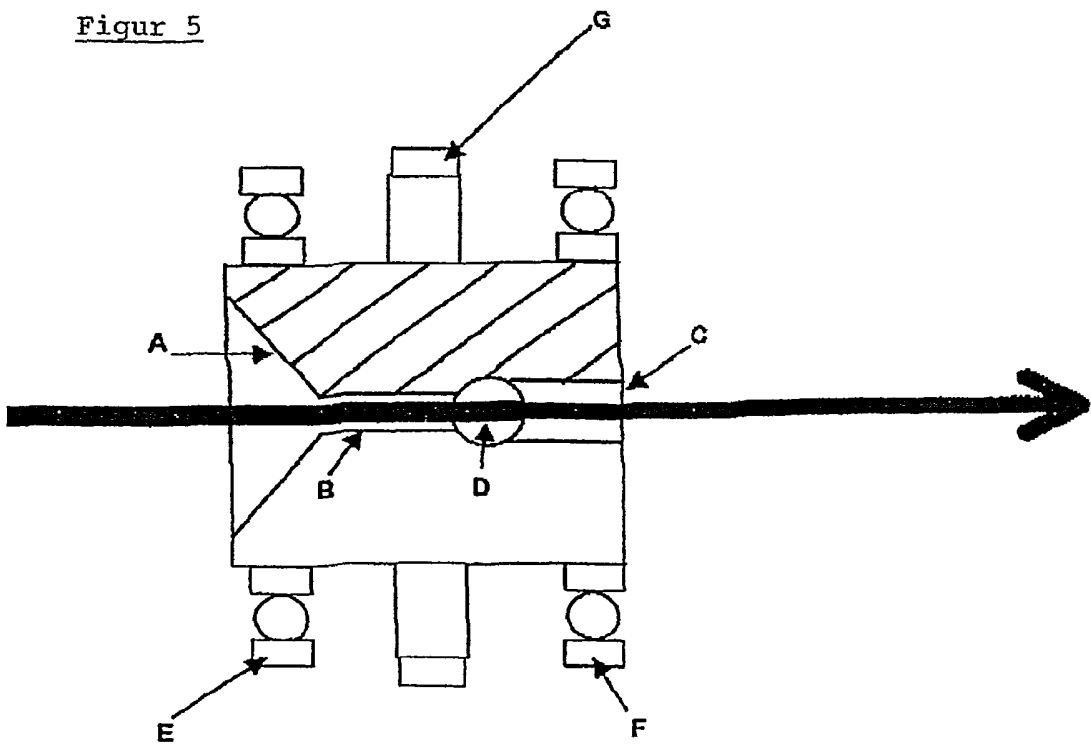
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 4A

