



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 083 259 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.03.2001 Patentblatt 2001/11

(51) Int. Cl.⁷: **D21F 1/02**

(21) Anmeldenummer: **00116670.1**

(22) Anmeldetag: **02.08.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI
(30) Priorität: **10.08.1999 DE 19937302**

(71) Anmelder:
**Voith Paper Patent GmbH
89522 Heidenheim (DE)**
(72) Erfinder:
• **Heinzmann, Helmut
89558 Böhmenkirch (DE)**
• **Heuser, Udo
89555 Steinheim (DE)**

(54) **Stoffauflauf**

(57) Die Erfindung betrifft einen Stoffauflauf einer mit mindestens einem Gap- und/oder Hybridformer ausgestatteten Papier- oder Kartonmaschine mit einem Turbulenzeinsatz (2) mit einer Vielzahl an Faserstoffsuspension führenden Kanälen (5) mit hydraulischen Durchmessern, die sich von einem vorletzten hydraulischen Durchmesser D_2 auf einen letzten hydraulischen Durchmesser D_1 erweitern, wobei der Beginn der letzten Erweiterung einen Abstand L_1 zum Ende des Turbulenzeinsatzes aufweist.

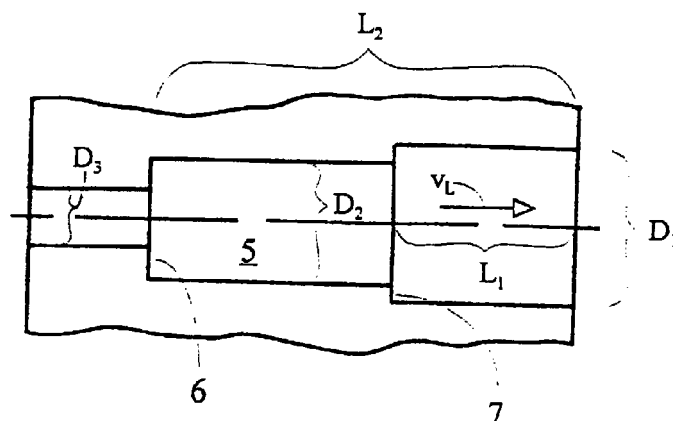
Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Turbulenzeinsatz (2) die folgenden Bedingungen

erfüllt:

$$\frac{L_1}{D_1} = a * \exp^{b \frac{D_1}{D_2}}$$

mit $a = 10,252$ und $b = 0,457$, wobei eine maximale Abweichung des L_1/D_1 - Wertes von +30%/-60%, vorzugsweise +20%/-40%, vorzugsweise +10%/-20%, erlaubt ist.

Fig. 2



EP 1 083 259 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stoffauflauf einer mit mindestens einem Gap- und/oder Hybridformer ausgestatteten Papier- oder Kartonmaschine mit mindestens einem Turbulenzeinsatz mit einer Vielzahl von Faserstoffsuspension führenden Kanälen mit hydraulischen Durchmessern, die sich von einem vorletzten hydraulischen Durchmesser D_2 auf einen letzten hydraulischen Durchmesser D_1 erweitern, wobei der Beginn der letzten Erweiterung einen Abstand L_1 zum Ende des Turbulenzeinsatzes aufweist.

[0002] Stoffaufläufe werden in Papier- oder Kartonmaschinen dazu eingesetzt, die Faserstoffsuspension möglichst gleichmäßig auf ein breites umlaufendes Sieb oder zwischen zwei Siebe aufzugeben, wobei die Gleichmäßigkeit der Aufgabe der Faserstoffsuspension, neben vielen anderen Kriterien, ein wesentliches Kriterium für die spätere Qualität und Gleichmäßigkeit des hergestellten Papiers oder Kartons darstellt.

[0003] Durch die ständig zunehmenden Qualitätsanforderungen an das Papier oder den Karton, insbesondere an graphische Papiere, und weiterhin zunehmende Maschinengeschwindigkeiten für höhere Produktionsraten wird es immer schwieriger, die geforderten Qualitätsstandards zu erfüllen.

[0004] Ein wesentliches Kriterium für die Qualität des Papiers oder des Kartons stellt die Gleichmäßigkeit der Formation über die Papier- oder Kartonfläche dar. Voraussetzung für eine gleichmäßige Formation des Papiers oder des Kartons ist eine gleichmäßig ausgebildete und verteilte Turbulenz in der auf ein Sieb oder zwischen zwei Siebe aufgelegten Faserstoffsuspension, da diese Turbulenz dafür sorgt, dass die Ausrichtung der in der Faserstoffsuspension enthaltene Fasern eine möglichst gleichmäßige Unordnung aufweist.

[0005] Bei der Herstellung des Papiers oder des Kartons zeigt sich, dass sehr häufig eine streifige Struktur - teilweise bekannt unter dem Namen "Tiger-Stripes" - entsteht, deren genaue Herkunft und Ursachen bis jetzt nicht vollständig geklärt ist.

[0006] Es wird angenommen, dass diese Streifen durch sich regelmäßig wiederholende Strömungszustände, d.h. Instabilitäten in der Strömung, über die Maschinenbreite hinweg entstehen oder zumindest durch diese initiiert werden. Hierfür kommt im wesentlichen der im Stoffauflauf vor der Düse sitzende Turbulenzeinsatz in Betracht, der eine Vielzahl von über die Maschinenbreite und/oder Maschinenhöhe (in z-Richtung) verteilten Turbulenzkanälen aufweist, die sich stufenförmig in Maschinenrichtung erweitern.

[0007] Darüber hinaus sind aus der EP 0 708 201 A1 noch Turbulenzeinsätze bekannt, die aus gewellten Kanalfächern gebildet sind. Diese Kanalwände erzeugen aufgrund ihrer Form (z.B. wiederkehrende Stufen) die gewünschte Turbulenz.

[0008] Ein derartiger Stoffauflauf ist beispielsweise aus der Deutschen Offenlegungsschrift DE 43 10 223 A1 bekannt. Diese Schrift zeigt einen Stoffauflauf mit einem Turbulenzerzeuger, in dem bei Betrieb des Stoffauflaufs die Faserstoffsuspension durch eine Vielzahl von Strömungskanälen fließt und über eine Stoffauflaufdüse maschinenbreit auf ein Sieb oder zwischen zwei Siebe verteilt wird. Das oben angesprochene Problem der Streifigkeit des hergestellten Papiers oder Kartons wird in dieser Offenlegungsschrift versucht dadurch zu vermindern, dass in der Gesamtheit der Strömungskanäle des Turbulenzeinsatzes mindestens zwei unterschiedliche Formen bestehen, die bei Betrieb des Stoffauflaufs mindestens zwei unterschiedliche Austrittsgeschwindigkeiten erzeugen, wobei die überwiegende Anzahl der Kanäle einer bestimmten Form mit mindestens einem Kanal einer anderen Form benachbart sind. Es wird also versucht, die Gleichmäßigkeit der Wiederholung von Strömungszuständen über die Maschinenbreite hinweg zu unterbrechen und damit der Bildung von streifigen Strukturen entgegenzutreten.

[0009] Es zeigt sich allerdings, dass durch eine derartige Ausbildung der Turbulenzeinsätze eines Stoffauflaufs die Streifigkeit der entstehenden Papier- oder Kartonbahn nicht in ausreichender Weise vermieden werden kann.

[0010] Es ist daher Aufgabe der Erfindung einen Stoffauflauf darzustellen, der einen Turbulenzeinsatz aufweist, der durch seine Bauweise, insbesondere seine Gestaltung der Strömungskanäle, dafür sorgt, dass sich keine störende Streifigkeit bildet und Strömungsinstabilitäten im Faserstoffsuspensionsstrahl am Auslauf des Stoffauflaufs vermieden oder zumindest verringert werden.

[0011] Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0012] Die Erfinder haben folgendes erkannt:

[0013] Zur Erzeugung einer gleichmäßigen und isotropen Turbulenz im Faserstoffsuspensionsstrahl eines Stoffauflaufs, sind die geometrischen Verhältnisse des Turbulenzeinsatzes, insbesondere der Turbulenzkanäle, von entscheidender Bedeutung. Hierzu gehört auch der Abstand einer letzten turbulenz erzeugenden Erweiterung im Turbulenzkanal vom Ende des Turbulenzkanals. Allerdings ist hierbei nicht der absolute Abstand dieser Erweiterung vom Ende des Turbulenzkanals, sondern das Verhältnis vom Abstand zum hydraulischen Durchmesser des Turbulenzkanals wesentlich.

[0014] Unter dem hydraulischen Durchmesser D_{hyd} ist das Verhältnis vom Vierfachen der Querschnittsfläche zum Umfang des Kanals zu verstehen. Es gilt also $D_{hyd} = 4 \cdot A / U$.

[0015] Wird der Abstand L der letzten Erweiterung vom Ende des Turbulenzkanals zu klein, so schlagen die an der Erweiterung entstehenden Turbulenzen bis in die Düse des Stoffauflaufs hindurch und bilden im Zusammenhang mit

den benachbarten Rotationsströmungen der benachbarten Turbulenzkanäle Überlagerungen, die sich im Faserstoffsuspensionsstrahl als zick-zack-artig bewegende Instabilität und letztendlich in einem streifigen Bild des fertigen Papiers oder Kartons niederschlagen.

[0016] Wird andererseits der Abstand der letzten Erweiterung des Turbulenzkanals vom Ende des Turbulenzkanals zu groß gewählt, so kommt es zu einer stark ausgerichteten Strömung mit verminderter Turbulenz am Auslauf der Turbulenzkanäle, so dass auch hierdurch einzelne Strömungsstränge entstehen, die in ihrer Vielzahl der nebeneinander angeordneten Turbulenzkanäle ein gleichmäßiges und stationäres Strömungsmuster bilden. Ursache hierfür ist eine mangelnde Durchmischung, die auch wieder eine Streifenbildung (hier durch Entmischungserscheinungen) in der aufgelegten Faserstoffsuspensionslage erzeugt.

[0017] Wird allerdings der Abstand der letzten Erweiterung zum Ende des Kanals im Verhältnis zum hydraulischen Durchmesser richtig, das heisst entsprechend der nachstehenden Formel gewählt, so wird durch die Turbulenzkanäle und ihre Erweiterungen eine gleichmäßige, isotrope Turbulenz in den Turbulenzkanälen erzeugt, die gerade am Ende der Turbulenzkanäle, das heisst am Punkt der Zusammenführung der einzelnen Strömungen durch die Turbulenzkanäle, das richtige Maß an Turbulenz aufweist, so dass letztendlich ein sehr gleichmäßiges Bild einer turbulenten Strömung entsteht und eine Strukturbildung des Faserstoffsuspensionsstrahls vermieden und dadurch die Streifigkeit des fertigen Papiers oder Kartons unterdrückt wird.

[0018] Demgemäß schlagen die Erfinder vor, einen Stoffauflauf einer Papier- oder Kartonmaschine mit einem Turbulenzeinsatz mit einer Vielzahl von suspensionsführenden Kanälen mit hydraulischen Durchmessern, die sich von einem vorletzten hydraulischen Durchmesser D_2 auf einen letzten hydraulischen Durchmesser D_1 erweitern, wobei der Beginn der letzten Erweiterung einen Abstand L zum Ende des Turbulenzeinsatzes aufweist dahin gehend auszubilden, dass der Turbulenzeinsatz die folgende Bedingung erfüllt:

$$\frac{L}{D_1} = a * \exp^{b * \frac{D_1}{D_2}}$$

mit $a = 10,252$ und $b = 0,457$, wobei eine maximale Abweichung des Verhältnisses von L_1 zu D_1 im Bereich von $+30\%/-60\%$, vorzugsweise $+20\%/-40\%$, vorzugsweise $+10\%/-20\%$, erlaubt ist.

[0019] Die oben angegebenen Grenzwertbereiche ergeben sich aufgrund des Flockungsverhaltens der Suspension und den bekannten Erfahrungswerten für unterschiedliche Faserstoffsuspensionen mit unterschiedlicher Zusammensetzung mit ungemahlenen langen Zellstoff-Fasern bis zu gemahlenen kurzen Fasern und mit mehr oder minder hohen Anteilen an Fein- und Füllstoffen.

[0020] Im Falle eines Turbulenzerzeugers mit maschinenbreit verlaufenden Wellplatten oder Stufenplatten mit maschinenbreiten Turbulenzkanälen mit einer entsprechenden lichten Höhe H gilt für den hydraulischen Durchmesser $D=2*H$.

[0021] Die angegebenen Werte für das Verhältnis des Abstands L der letzten Erweiterung zum Ende des Turbulenzeinsatzes können bevorzugt für Stoffaufläufe angewandt werden, deren Geschwindigkeit V_L der Faserstoffsuspension im Bereich des Querschnitts des letzten hydraulischen Durchmessers D_1 der Turbulenzkanäle im Bereich zwischen $0,5$ bis 5 m/s, vorzugsweise $0,8$ bis 3 m/s, vorzugsweise $1,0$ bis $2,5$ m/s liegt.

[0022] Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn der Stoffauflauf mit einer Faserstoffsuspension betrieben wird, die eine Konzentration K mit einen Wert zwischen 5 g/l bis 25 g/l, vorzugsweise zwischen 7 g/l bis 20 g/l, vorzugsweise zwischen 7 g/l bis 15 g/l aufweist.

[0023] Eine weitere Verbesserung des Stoffauflaufs sieht eine Anpassung des L_1/D_1 - Werts in bezug auf die mittlere Geschwindigkeit V_L zwischen dem Beginn der letzten Erweiterung und dem Ende des Turbulenzeinsatzes vor, wobei erfindungsgemäß der Turbulenzeinsatz die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$\frac{L}{D_1} = a * \exp^{b * \frac{D_1}{D_2}} * \left(\frac{V_L [m/s]}{c} \right)^{3/4}$$

mit $a = 10,252$, $b = 0,457$ und $c = 2,2$ [m/s], wobei auch hier eine maximale Abweichung des L/D_1 - Werts von $+30\%/-60\%$, vorzugsweise $+20\%/-40\%$, vorzugsweise $+10\%/-20\%$, erlaubt ist.

[0024] Durch diese Anpassung der Formel wird berücksichtigt, dass bei gleichbleibender mittlerer Lebensdauer einer Turbulenz in der Faserstoffsuspension die entstehenden Wirbel bei steigender Strömungsgeschwindigkeit in einer kürzeren Zeit am Ende des Turbulenzeinsatzes angelangt sind.

[0025] Eine andere mögliche Anpassung der geometrischen Situation des Turbulenzeinsatzes kann die mittlere

Konzentration k der den Turbulenzeinsatz durchfließenden Faserstoffsuspension betreffen, wobei der Turbulenzeinsatz die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$\frac{L_1}{D_1} = a * \exp^{b * \frac{D_1}{D_2}} * \left(\frac{d}{k[g/l]} \right)^{1/2}$$

mit $a = 10,252$, $b = 0,457$ und $d = 5$ [g/l]. Als maximale Abweichung des L_1/D_1 - Werts ist +30%/-60%, vorzugsweise +20%/-40%, vorzugsweise +10%/-20%, erlaubt.

[0026] Diese Verbesserung der Formel berücksichtigt, dass bei einer zunehmenden Konzentration k der Faserstoffsuspension die mittlere Lebenszeit der gebildeten Wirbel verkürzt wird. Hierdurch wird idealerweise auch eine Anpassung der Geometrie des Turbulenzeinsatzes notwendig.

[0027] Berücksichtigt man beide Betriebsbedingungen in der Konstruktion des Turbulenzeinsatzes, nämlich die unterschiedliche mittlere Geschwindigkeit der Faserstoffsuspension im Endbereich des Turbulenzeinsatzes V_L und die unterschiedliche Konzentration k der den Stoffauflauf durchfließenden Faserstoffsuspension, so folgt die Geometrie des Turbulenzeinsatzes in bevorzugter Weise den folgenden Bedingungen:

$$\frac{L_1}{D_1} = a * \exp^{b * \frac{D_1}{D_2}} * \left(\frac{V_L[m/s]}{c} \right)^{3/4} * \left(\frac{d}{k[g/l]} \right)^{1/2}$$

mit $a = 10,252$, $b = 0,457$, $c = 2,2$ [m/s] und $d = 5$ [g/l], wobei eine maximale Abweichung des L_1/D_1 - Werts von +30%/-60%, vorzugsweise +20%/-40%, vorzugsweise +10%/-20%, erlaubt ist.

[0028] Bei der Ausbildung der Geometrie der Turbulenzkanäle ist zu beachten, dass in den oben angegebenen Formeln die Form des Kanals eine wesentliche Rolle spielt und den hydraulischen Durchmesser mitbestimmt. Der hydraulische Durchmesser errechnet sich mit $D_{hyd.} = 4 * A / U$, wobei A die Querschnittsfläche des Kanals und U den Umfang des Kanals darstellt. Auf diese Weise kann die angegebene Formel auch auf nichtrunde Querschnitte der Turbulenzkanäle angewandt werden. Beispielsweise können die Querschnitte auch quadratisch, rechteckig, sechseckig, rautenförmig oder in sonstigen Polygonen ausgeführt sein.

[0029] Weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Turbulenzkanäle können darin bestehen, dass anstelle einer einzigen Erweiterung innerhalb der einzelnen Turbulenzkanäle eine zweifache Erweiterung oder auch vielfache Erweiterungen vorgesehen sind. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass jeweils die letzte wesentliche und turbulenz erzeugende Erweiterung die obengenannten Bedingungen erfüllt.

[0030] Die Erweiterungen innerhalb des Turbulenzkanals können beispielsweise streng stufenförmig oder konisch ausgebildet sein, wobei auch eine Erweiterung im Sinne der Erfindung - also eine Erweiterung, die Turbulenzen hervorruft - dann vorliegt, wenn für den Winkel α der konischen Erweiterung $\alpha/2 > 3^\circ$ gilt. Konische Erweiterungen mit kleinerem Winkel erzeugen keine Wirbelablösungen und werden als Diffusoren betrachtet.

[0031] Falls der Turbulenzkanal unterschiedliche Querschnittsformen im Verlauf seiner Länge einnimmt, kann der Übergang von einer ersten Querschnittsform (beispielsweise rund) zu einer zweiten Querschnittsform (beispielsweise sechseckig) im Rahmen einer solchen Erweiterung stattfinden.

[0032] Der erfindungsgemäße Stoffauflauf ist insbesondere bei einer mit mindestens einem Gap und/oder Hybridformer ausgestatteten Papier- oder Kartonmaschine, die mit einer Maschinengeschwindigkeit, insbesondere einer Siebgeschwindigkeit, von größer 1.400 m/min, vorzugsweise von größer 1.700 m/min, insbesondere von größer 1.900 m/min, betreibbar ist, von Vorteil, da bei einer solchen Maschinenkonfiguration (Stoffauflauf und Formertyp) eine schnelle Formierung der Bahn und somit eines schnelles „Einfrieren“ des Faserstoffsuspensionsstrahls stattfindet. Da dieser in der Papier- oder Kartonbahn eingefrorene Strahlzustand sichtbar ist, muß konstruktiv und verfahrenstechnisch sichergestellt werden, dass sich keine störende Streifigkeit bildet und Strömungsinstabilitäten im Faserstoffsuspensionsstrahl am Auslauf des Stoffauflaufs vermieden oder zumindest verringert werden. Diese Sicherstellung erfolgt durch den erfindungsgemäßen Stoffauflauf.

[0033] Weiterhin kann der Stoffauflauf sowohl als Mehrschichten- als auch als Einschichtstoffauflauf ausgebildet sein, und in weiterer Ausführung mit mindestens einem Trennelement, insbesondere einer maschinenbreiten Lamelle, versehen sein.

[0034] Weitere Merkmale und Merkmalskombinationen sind in den Unteransprüchen und in der nachfolgenden Figurenbeschreibung angegeben.

[0035] Die Figuren zeigen im einzelnen:

- Fig. 1: Aufbau eines Stoffauflaufs im Querschnitt in Maschinenrichtung;
 Fig. 2: Längsschnitt durch einen Turbulenzkanal des erfindungsgemäßen Stoffauflaufs mit zwei Stufensprüngen;
 Fig. 2a: Längsschnitt durch einen Turbulenzkanal des erfindungsgemäßen Stoffauflaufs mit einer konischen Erweiterung;
 Fig. 3: Turbulenzkanal eines erfindungsgemäßen Stoffauflaufs mit einem konischen Stufensprung und einem Stufensprung mit Übergang zwischen zwei Querschnitten;
 Fig. 4a-4d: verschiedene beispielhafte Querschnitte des Turbulenzkanals;
 Fig. 5: vertikaler Längsschnitt durch einen maschinenbreiten Turbulenzkanal eines erfindungsgemäßen Stoffauflaufs mit stufenartigen Erweiterungen;
 Fig. 6: vertikaler Längsschnitt durch einen maschinenbreiten Turbulenzkanal eines erfindungsgemäßen Stoffauflaufs mit wellenförmigen Erweiterungen.

[0036] Die Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Stoffauflaufs in Längsschnitt in Maschinenrichtung mit seinem Querverteiler 1 zur Verteilung der Faserstoffsuspension, mit dem anschließenden Turbulenzeinsatz 2 mit drei übereinander angeordneten Reihen von Turbulenzkanälen 5, die jeweils über eine erste Erweiterung 6 und eine zweite Erweiterung 7 verfügen. Die beiden Erweiterungen 6 und 7 sind als Stufensprünge ausgeführt. Anschließend folgt die Stoffauflaufdüse 3 mit einer im Auslaufbereich angeordneten Blende 4. Die Stoffauflaufdüse 3 verfügt zwischen dem Ende des Turbulenzeinsatzes und dem konvergierenden Bereich der Düse über eine kurze Wegstrecke mit parallel verlaufender Ober- und Unterwand. In der Stoffauflaufdüse 3 kann auch mindestens ein nicht dargestelltes Trennelement, insbesondere eine maschinenbreite Lamelle, angebracht sein.

[0037] Weiterhin kann der Stoffauflauf auch als Mehrschichtenstoffauflauf, gegebenenfalls mit mindestens je einem in der jeweiligen Stoffauflaufdüse angebrachten Trennelement versehen, ausgeführt sein.

[0038] Es wird darauf hingewiesen, dass die Erfindung sich auf jegliche Art des Übergangs vom Turbulenzeinsatz zur Stoffauflaufdüse erstreckt. Das heisst, auch Stoffaufläufe deren Turbulenzeinsatz nicht unmittelbar am Beginn des sich verengenden Düsenbereichs endet, also noch eine Nachlaufstrecke ohne Beschleunigung nach dem Turbulenzeinsatz aufweisen, sind Gegenstand der Erfindung. Ebenso beschränkt sich die Erfindung nicht nur auf Stoffaufläufe mit anschließender Stoffauflaufblende oder mit Querverteiler, wie in der Figur 1 gezeigt, sondern es können auch Stoffaufläufe mit dem erfindungsgemäßen Turbulenzeinsatz verwendet werden, die über sektionierte Zuführungen der Faserstoffsuspension über die Maschinenbreite verfügen. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit dem in der Figur 1 gezeigten Turbulenzeinsatz einen weitem Turbulenzerzeuger voranzustellen und zwischen den beiden Turbulenzerzeugern einen Ausgleichskanal mit oder ohne Zwischenwände einzusetzen. Wesentlich ist ausschließlich die geometrische Ausgestaltung der Turbulenzkanäle im letzten Turbulenzerzeuger.

[0039] Die Figur 2 zeigt einen Querschnitt in Maschinenrichtung durch einen Turbulenzkanal 5 in schematischer Darstellung. Die gezeigten Größenverhältnisse zwischen den Längen und Durchmessern entsprechen nicht den tatsächlichen Durchmesser- und Längenverhältnissen des erfindungsgemäßen Stoffauflaufs, da eine derartige Darstellung auf Grund des zur Verfügung stehenden Zeichnungsplatzes nicht realisierbar ist ohne die Übersichtlichkeit der Zeichnung zu beeinträchtigen.

[0040] Der Turbulenzkanal 5 verfügt über eine erste Erweiterung 6 und eine zweite Erweiterung 7, die beide als strenger Stufensprung ausgeführt sind. Im dargestelltem Beispiel sind alle Querschnitte des Turbulenzkanals rund und entsprechen somit der Darstellung aus der nachfolgenden Figur 4a.

Der vorletzte Querschnitt weist einen Durchmesser D_1 und der letzte Querschnitt des Turbulenzkanals 5 einen Durchmesser D_2 mit einer Länge zwischen Stufensprung 7 und Ende des Turbulenzkanals L auf. Da alle Querschnitte des Turbulenzkanals 5 kreisrund ausgebildet sind entsprechen die gemessenen Durchmesser D_1 und D_2 gleichzeitig den entsprechenden hydraulischen Durchmessern. Die Faserstoffsuspension weist im Bereich hinter der letzten Erweiterung 7 eine Geschwindigkeit V_L auf.

[0041] Erfindungsgemäß folgt die Länge L des Turbulenzkanals 5 von der letzten Erweiterung 7 zum Ende des Turbulenzkanals idealer Weise der Bedingung:

$$\frac{L}{D_1} = 10,252 \cdot \exp^{0,457 \cdot \frac{D_1}{D_2}}$$

[0042] Vorzugsweise sollte die Abweichung von dieser Bedingung nicht mehr als +10% oder -20% betragen, jedoch sind auch bei reduzierten Qualitätsanforderungen Abweichungen von +20%/-40% bis +30%/-60% möglich.

[0043] Weiterhin liegt der bevorzugte Geschwindigkeitsbereich der Faserstoffsuspensionsströmung bei v_L zwischen 0,5 m/s und 5 m/s, vorzugsweise zwischen 0,8 m/s und 3 m/s und günstigstenfalls zwischen 1,0 m/s und 2,5 m/s.

[0044] Da die Geschwindigkeit der Faserstoffsuspension einen wesentlichen Einfluss auf die Ausbreitung von Turbulenzen, die an einem Stufensprung entstanden sind, ausübt, besteht die Möglichkeit auch die Geschwindigkeit v_L im letzten Bereich des Turbulenzkanals zu berücksichtigen. Somit folgt der L_1/D_{x1} - Wert idealerweise der Formel

$$\frac{L_1}{D_1} = 10,252 \cdot \exp^{0,457 \cdot \frac{D_1}{D_2}} \cdot \left(\frac{v_L [\text{m/s}]}{2,2 [\text{m/s}]} \right)^{3/4}$$

[0045] Vernachlässigt man den Einfluss der Geschwindigkeit der Faserstoffsuspension, berücksichtigt jedoch den Einfluss der Konzentration k der Faserstoffsuspension so zeigt sich, dass mit ansteigender Konzentration die Zähigkeit der Faserstoffsuspension wächst und daher eine schnellere Dämpfung der entstandenen Wirbel an einer Erweiterung eintritt. Somit folgt der Turbulenzeinsatz unter Berücksichtigung der mittleren Konzentration k der Faserstoffsuspension in seinen geometrischen Abmessungen den folgenden Bedingungen:

$$\frac{L_1}{D_1} = 10,252 \cdot \exp^{0,457 \cdot \frac{D_1}{D_2}} \cdot \left(\frac{d}{k [\text{g/l}]} \right)^{1/2}$$

[0046] Eine noch genauere Möglichkeit zur Auslegung der geometrischen Bedingung des Turbulenzeinsatzes kann dadurch erreicht werden, dass sowohl der Einfluss der Geschwindigkeit der Faserstoffsuspension im Turbulenzkanal 5 als auch der mittleren Konzentration k der Faserstoffsuspension berücksichtigt wird. Somit folgt die Geometrie des Turbulenzkanals 5 im Endbereich des Turbulenzkanals der Bedingung:

$$\frac{L_1}{D_1} = 10,252 \cdot \exp^{0,457 \cdot \frac{D_1}{D_2}} \cdot \left(\frac{v_L [\text{m/s}]}{c} \right)^{3/4} \cdot \left(\frac{d}{k [\text{g/l}]} \right)^{1/2}$$

[0047] Bezüglich der möglichen Abweichung von diesem Idealwert gilt auch hier das oben Gesagte. Das heißt, im Idealfall sollte die Abweichung nicht größer als +10% bis -20% betragen, wobei jedoch mit gewissen Qualitätsabstrichen auch eine Abweichung von +20% bis -40%, maximal +30% bis -60%, des L_1/D_1 - Werts möglich ist.

[0048] In der Figur 2a ist ein Turbulenzkanal 5 im Längsschnitt dargestellt, der als letzte Erweiterung eine konische Erweiterung aufweist. Zur Verdeutlichung ist der Öffnungswinkel α gestrichelt dargestellt. Da der Öffnungswinkel größer 6° ist, erzeugt diese Erweiterung auch Turbulenzen und fällt daher erfindungsgemäß unter die oben angegebene Randbedingung bezüglich ihres Abstands vom Ende des Turbulenzerzeugers. Die Abstände L_1 und L_2 , einschließlich der Durchmesser D_1 bis D_3 sind ebenfalls angegeben. Als Abstand L_1 der konischen Erweiterung wird deren Beginn, also der Übergang vom zylindrischen zum konischen Teil gesehen, da die Turbulenzen hauptsächlich hier entstehen.

[0049] Die Figur 3 zeigt einen Schnitt durch einen Turbulenzkanal 5 entsprechend der Figur 2, jedoch ist in diesem Beispiel die erste Erweiterung 6 des Turbulenzkanals 5 konisch ausgeführt, während die zweite und letzte Erweiterung 7 einen Übergang eines runden Bereichs auf einen quadratischen Querschnitt enthält. Auch dieser Turbulenzkanal erfüllt erfindungsgemäß die oben angegebenen geometrischen Bedingungen.

[0050] Die Figuren 4a bis 4d zeigen verschiedene Ausführungsformen der Querschnitte des Turbulenzkanals 5. Die Figur 4a zeigt ausschließlich runde Querschnitte. Die Figur 4b zeigt zwei runde Querschnitte mit einem quadratischen Austrittsquerschnitt. Die Figur 4c zeigt zwei runde Querschnitte mit einer Erweiterung auf ein gleichseitiges Sechseck. Die Figur 4d zeigt eine weitere Ausführung des Auslaufbereichs eines Turbulenzkanals mit einem sechseckigen Polygon.

[0051] Es wird darauf hingewiesen, dass die dargestellten Ausführungen der Figuren 4a bis 4d keine abschließende Aufzählung der möglichen geometrischen Querschnitte des Turbulenzkanals sind, sondern alle derzeit bekannten geometrischen Querschnitte der Turbulenzkanäle im Rahmen der Erfindung liegen.

[0052] Die Figur 5 zeigt einen vertikalen Längsschnitt durch einen maschinenbreiten Turbulenzkanal 5 eines erfindungsgemäßen Stoffauflaufs mit stufenartigen Erweiterungen von einer Kanalhöhe H_2 zu einer Kanalhöhe H_1 . Bei dieser Ausführung des Turbulenzkanals kann bei einer Breite B des Turbulenzkanals, die wesentlich größer als die Höhe H des Turbulenzkanals ist, näherungsweise der hydraulische Durchmesser D_h mit $2 \cdot H_i$ gleichgesetzt werden.

[0053] Für den hydraulischen Durchmesser gilt allgemein $D_{hyd} = 4 \cdot Q/U$, somit ist $D = 4 \cdot H \cdot B / (2 \cdot (H+B)) = 2 \cdot H \cdot B / (H+B)$. Wenn $H \gg B$ ergibt sich $D \approx 2 \cdot H$.

[0054] Eine weitere mögliche Anwendung der Erfindung auf eine Ausführung eines maschinenbreiten Turbulenz-

kanals mit Wellenform ist in der Figur 6 in einem ebenfalls vertikalen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Stoffauflauf dargestellt. Bezüglich des hydraulischen Durchmessers gilt das zu Figur 5 gesagte. Als Abstand L_1 wird hierbei der Abstand des "Bergs" der letzten Welle, die gleichzeitig die letzte engste Stelle des Turbulenzkanals darstellt, genommen. Falls die obere und untere "Welle" des Turbulenzkanals nicht wie im vorliegenden Fall um 90° phasenverschoben verläuft, so ist als Abstand L_1 zum Ende des Turbulenzkanals 5 der Abstand der letzten engsten Stelle im Turbulenzkanal zum Ende des Turbulenzkanals anzusehen.

[0055] Durch die Anwendung des erfindungsgemäßen Stoffauflaufs in einer Papier- oder Kartonmaschine wird eine deutliche Reduktion bis zur Aufhebung der, durch den Stoffauflauf bedingten Streifigkeit des hergestellten Papiers oder Kartons erreicht und somit eine wesentliche Qualitätsverbesserung bewirkt.

Bezugszeichenliste

[0056]

- 1 Querverteiler
- 2 Turbulenzeinsatz
- 3 Stoffauflaufdüse
- 4 Blende
- 5 Turbulenzkanal
- 6 Erweiterung
- 7 Erweiterung / Stufensprung
- α Öffnungswinkel

Patentansprüche

1. Stoffauflauf einer mit mindestens einem Gap- und/oder Hybridformer ausgestatteten Papier- oder Kartonmaschine mit einem Turbulenzeinsatz (2) mit einer Vielzahl an Faserstoffsuspension führenden Kanälen (5) mit hydraulischen Durchmessern, die sich von einem vorletzten hydraulischen Durchmesser D_2 auf einen letzten hydraulischen Durchmesser D_1 erweitern, wobei der Beginn der letzten Erweiterung einen Abstand L_1 zum Ende des Turbulenzeinsatzes aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Turbulenzeinsatz (2) die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$\frac{L_1}{D_1} = a * \exp^{b * \frac{D_1}{D_2}}$$

mit $a = 10,252$ und $b = 0,457$, wobei eine maximale Abweichung des L_1/D_1 - Werts von $+30\%/ -60\%$, vorzugsweise $+20\%/ -40\%$, vorzugsweise $+10\%/ -20\%$, erlaubt ist.

2. Stoffauflauf gemäß dem voranstehenden Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Geschwindigkeit der Faserstoffsuspension im Bereich des Querschnitts des letzten hydraulischen Durchmessers D_1 der Turbulenzkanäle (5) so gestaltet ist, dass die Faserstoffsuspension im Betrieb eine Geschwindigkeit v_L zwischen $0,5 \text{ m/s}$ bis 5 m/s , vorzugsweise $0,8 \text{ m/s}$ bis 3 m/s , vorzugsweise $1,0 \text{ m/s}$ bis $2,5 \text{ m/s}$, aufweist.
3. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Konzentration K der Faserstoffsuspension, mit welcher der Stoffauflauf betrieben wird, einen Wert zwischen 5 g/l bis 25 g/l , vorzugsweise zwischen 7 g/l bis 20 g/l , vorzugsweise zwischen 7 g/l bis 15 g/l aufweist.
4. Stoffauflauf gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei die Faserstoffsuspension im Bereich zwischen dem Beginn der letzten Erweiterung (7) und dem Ende des Turbulenzeinsatzes eine mittlere Geschwindigkeit v_L aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Turbulenzeinsatz (2) die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$\frac{L_1}{D_1} = a \cdot \exp^{b \cdot \frac{D_1}{D_2}} \left(\frac{v_L [\text{m/s}]}{c} \right)^{3/4}$$

mit $a = 10,252$, $b = 0,457$ und $c = 2,2 [\text{m/s}]$, wobei eine maximale Abweichung des L_1/D_1 - Werts von $+30\%/-60\%$, vorzugsweise $+20\%/-40\%$, vorzugsweise $+10\%/-20\%$, erlaubt ist.

5. Stoffauflauf gemäß dem voranstehenden Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Konzentration K der Faserstoffsuspension, mit welcher der Stoffauflauf betrieben wird, einen Wert zwischen 5 g/l bis 25 g/l, vorzugsweise zwischen 7 g/l bis 20 g/l, vorzugsweise zwischen 7 g/l bis 15 g/l aufweist.

6. Stoffauflauf gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei die den Turbulenzeinsatz (2) durchfließende Faserstoffsuspension eine mittlere Konzentration k [g/l] aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Turbulenzeinsatz (2) die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$\frac{L_1}{D_1} = a \cdot \exp^{b \cdot \frac{D_1}{D_2}} \left(\frac{d}{k [\text{g/l}]} \right)^{1/2}$$

mit $a = 10,252$, $b = 0,457$ und $d = 5 [\text{g/l}]$, wobei eine maximale Abweichung des L_1/D_1 - Werts von $+30\%/-60\%$, vorzugsweise $+20\%/-40\%$, vorzugsweise $+10\%/-20\%$, erlaubt ist.

7. Stoffauflauf gemäß dem voranstehenden Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Geschwindigkeit der Faserstoffsuspension im Bereich des Querschnitts des letzten hydraulischen Durchmessers D_1 der Turbulenzkanäle (5) so gestaltet ist, dass die Faserstoffsuspension im Betrieb eine Geschwindigkeit v_L zwischen 0,5 m/s bis 5 m/s, vorzugsweise 0,8 m/s bis 3 m/s, vorzugsweise 1,0 m/s bis 2,5 m/s, aufweist.

8. Stoffauflauf gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei die den Turbulenzeinsatz (2) durchfließende Faserstoffsuspension eine mittlere Konzentration k [g/l] aufweist und wobei die Faserstoffsuspension im Bereich zwischen dem Beginn der letzten Erweiterung (7) und dem Ende des Turbulenzeinsatzes (2) eine mittlere Geschwindigkeit v_L aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Turbulenzeinsatz (2) die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$\frac{L_1}{D_1} = a \cdot \exp^{b \cdot \frac{D_1}{D_2}} \left(\frac{v_L [\text{m/s}]}{c} \right)^{3/4} \cdot \left(\frac{d}{k [\text{g/l}]} \right)^{1/2}$$

mit $a = 10,252$, $b = 0,457$, $c = 2,2 [\text{m/s}]$ und $d = 5 [\text{g/l}]$, wobei eine maximale Abweichung des L_1/D_1 - Werts von $+30\%/-60\%$, vorzugsweise $+20\%/-40\%$, vorzugsweise $+10\%/-20\%$, erlaubt ist.

9. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet, dass

der freie Querschnitt der Turbulenzkanäle (5) zumindest im Endbereich des Turbulenzkanals (5) quadratisch ist.

10. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

der freie Querschnitt der Turbulenzkanäle (5) zumindest im Endbereich des Turbulenzkanals (5) rechteckig ist.

11. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

der freie Querschnitt der Turbulenzkanäle (5) zumindest im Endbereich des Turbulenzkanals (5) rund ist.

12. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Querschnitt der Turbulenzkanäle (5) zumindest im Endbereich des Turbulenzkanals (5) sechseckig ist.
- 5 13. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
der freie Querschnitt der Turbulenzkanäle (5) zumindest im Endbereich des Turbulenzkanals (5) rautenförmig ausgebildet ist.
- 10 14. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Turbulenzkanäle (5) im Eingangsbereich rund ausgeführt sind.
- 15 15. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Turbulenzkanäle (5) eine zweifache Erweiterung aufweisen.
- 20 16. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eine Erweiterung (6, 7) in mindestens einem Turbulenzkanal (5) streng stufenförmig ausgeführt ist.
- 25 17. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eine Erweiterung (6, 7) in mindestens einem Turbulenzkanal (5) konisch ausgeführt ist.
- 30 18. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
an mindestens einer Erweiterung (6, 7) in mindestens einem Turbulenzkanal (5) ein Übergang zwischen zwei unterschiedlichen Querschnittsformen des Turbulenzkanals (5) stattfindet.
- 35 19. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Papier- oder Kartonmaschine mit dem erfindungsgemäßen Stoffauflauf mit einer Maschinengeschwindigkeit von größer 1.400 m/min, vorzugsweise von größer 1.700 m/min, insbesondere von größer 1.900 m/min, betreibbar ist.
- 40 20. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Stoffauflauf als Mehrschichtenstoffauflauf ausgebildet ist.
- 45 21. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Stoffauflauf als Einschichtstoffauflauf ausgebildet ist.
- 50 22. Stoffauflauf gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Stoffauflauf mit mindestens einem Trennelement versehen ist.
- 55 23. Stoffauflauf gemäß Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Trennelement als maschinenbreite Lamelle ausgebildet ist.

Fig. 1

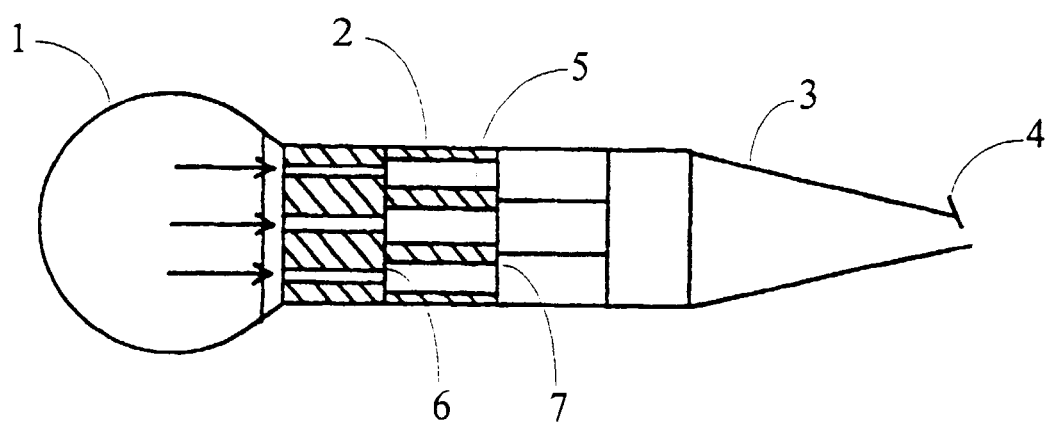


Fig. 2

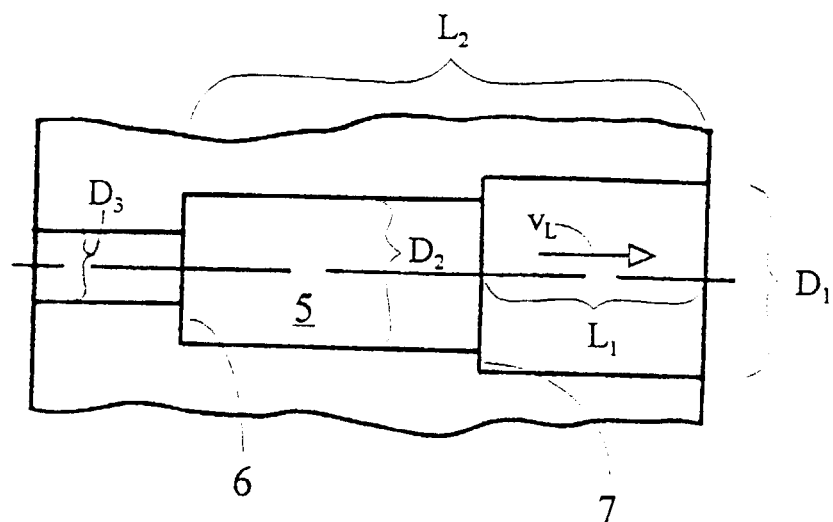


Fig. 2a

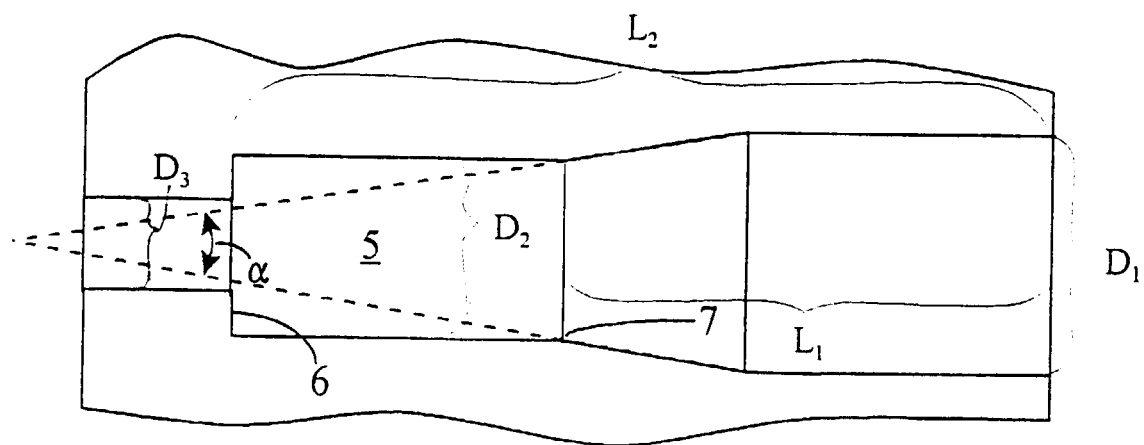


Fig. 3

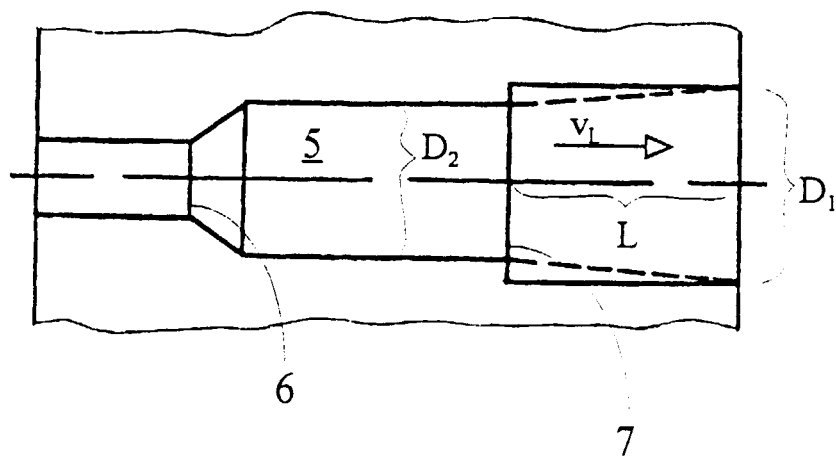


Fig. 4a

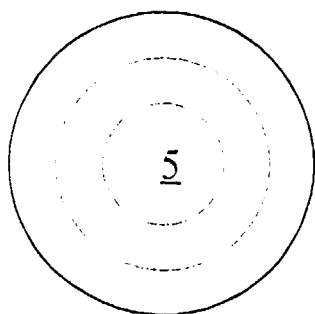


Fig. 4b

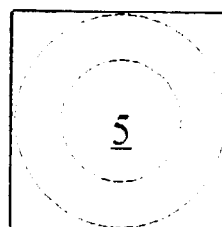


Fig. 4c

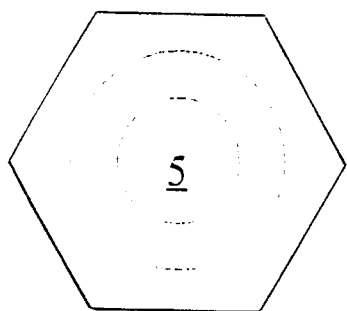


Fig. 4d

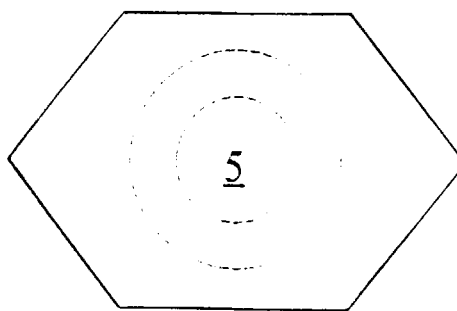


Fig. 5

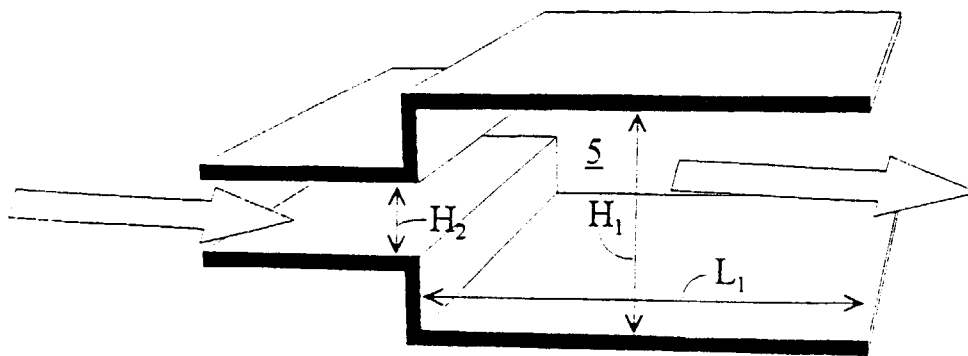


Fig. 6

