

①⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②① Anmeldenummer: **80103710.2**

⑤① Int. Cl.³: **C 25 D 11/24, G 01 P 13/00**

②② Anmeldetag: **30.06.80**

③⑩ Priorität: **16.07.79 DE 2928690**

⑦① Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT Berlin und München, Postfach 22 02 61, D-8000 München 22 (DE)**

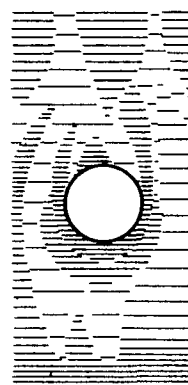
④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: **21.01.81 Patentblatt 81/3**

⑦② Erfinder: **Dötzer, Richard Dr., Falkenhorst 14, D-8500 Nürnberg (DE)**
Erfinder: **Plundrich, Winfried, Dürerstrasse 14, D-8501 Kalchreuth (DE)**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **AT CH DE FR GB LI NL SE**

⑤④ **Verfahren zum chemischen Aufzeichnen von Grenzschichtströmungen und Chemigraphiematerialien zur Durchführung des Verfahrens.**

⑤⑦ Die chemische Aufzeichnung von Grenzschichtströmungen in Flüssigkeiten unter Verwendung von unverdichteten beschichteten anodisch oxidierten Aluminiumoberflächen erfolgt unter Verwendung einer gefärbten oder nicht gefärbten Flüssigkeit oder einer Beschichtung oder Pointillisierung mit einem in die Eloxalschicht einlagerbaren oder adsorbierbaren in Wasser oder organischen Medien löslichen Substanz, vorzugsweise einem Farbstoff. Aufzeichnen von Grenzschichtströmungen (Chemigraphie) in Wasser, organischen Medien und Ölen in einem grossen Temperaturbereich.



SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 79 P 7 5 2 6 EUR

5 Verfahren zum chemischen Aufzeichnen von Grenzschrift-
strömungen und Chemigraphiematerialien zur Durchführung
des Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum chemischen Auf-
10 zeichnen von Grenzschriftströmungen auf anodisch oxi-
dierte unverdichtete Aluminiumoberflächen.

Für viele Bereiche der Technik ist das Erfassen der
Grenzschriftströmungen von Bedeutung. Insbesondere in
15 Maschinen-, Apparate- und Gerätebauteilen sowie Kühl-
und Heizaggregaten als auch an Wandungen von Schiffen,
Wasserbauten, Flüssigkeitsbehältern u.dgl. sind Ermitt-
lungen von Grenzschriftströmungen von Interesse. Das
Strömungsgeschehen und dessen Ermittlung gibt auch Aus-
20 kunft über die Grenzschriftdicke und den Wärme- und
Stoffübergang. Hierfür eingesetzte Methoden unter Ver-
wendung von Meßsonden, z.B. Laseranemometer, durch
Fixieren einer Vielzahl von Wollfäden und Photographie-

- 2 - VPA 79 P 7 5 2 6 EUR

ren derselben während der Beströmung, durch Abtragen oder Mitziehen von löslichen oder zähflüssigen Anstrichen, durch chemische Veränderung von Oberflächenschichten bzw. Oberflächenbeschichtungen mittels in
5 die strömende Flüssigkeit eingebrachter geeigneter Chemikalien, z.B. Schlierenmethode, sind sehr aufwendig.

Es ist ferner bekannt, Grenzschriftströmungen in Gasen dadurch aufzuzeichnen, daß eine anodisch oxidierte
10 unverdichtete Aluminiumoberfläche von einem mit reaktiven sauren oder basischen chemischen Agenzien vermischten Luftstrom angeströmt und die durch den Gasstrom unterschiedlich veränderte Schicht eingefärbt wird (DE-PS 2.133.835):

15 Aufgabe der Erfindung ist, Grenzschriftströmungen in strömenden wäßrigen, nichtwäßrigen und öligen Medien aufzuzeichnen und auf den beströmtten Oberflächen lokal sichtbar zu machen, um Informationen über das
20 Strömungsgeschehen, die Beströmung von Oberflächen, die Grenzschriftdicke, den Wärme- und Stoffübergang für die Prüfung und Optimierung von Strömungsvorgängen für strömungstechnisch interessierende Objekte wie z.B. Schiffe und Motoren zu gewinnen.

25 Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß auf eine nicht oder nicht vollständig verdichtete anodisch oxidierte Aluminiumoberfläche einen in die Eloxalschicht einlagerbaren und adsorbierbaren Farbstoff und mindestens eine nicht in die Eloxalschicht einlagerbare
30 oder adsorbierbare in Wasser oder organischen Medien lösliche Substanz enthaltend aufgebracht und mit einer farblosen oder gefärbten Flüssigkeit beströmt wird und die durch die Grenzschriftströmung in die kapillaraktive
35 Eloxalschicht eingeschriebene Verfärbung und/oder Kon-

turierung entwickelt wird.

Geeignete Aluminiumoberflächen können erfindungsgemäß aus einem anodisierfähigen Aluminiumwerkstoff, einem mit 5 anodisierfähigen Aluminium beschichtbaren Material oder einem mit einer selbstklebenden, anodisierbaren Aluminiumfolie beklebten oder überzogenen Material bestehen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist einfach durchführbar 10 bei einem verhältnismäßig geringen zeitlichen und technischen Aufwand. Es erlaubt eine direkte Aufzeichnung der Grenzschichtströmungsverhältnisse. Die Deutung und Auswertung ist durch die konturenscharfe Aufzeichnung leicht vorzunehmen. Es tritt insbesondere kein Ver- 15 zerren in der Chemigraphieaufzeichnung ein. Es können auch Intensität und Strömungsrichtung auf den beströmten Oberflächen lokal sichtbar gemacht werden. Von besonderem Vorteil ist die Möglichkeit der Durchführung des Verfahrens nicht nur bei Raumtemperatur, sondern auch 20 bei niedrigeren Temperaturen (bis -20°C) und vor allem bei höheren Temperaturen bis ca. 250°C und daß auf sowohl glatten als auch rauen Oberflächen aussagekräftige Grenzschichtströmungschemigraphien erhalten werden können. Auch die Profilierung des zu untersuchenden 25 Modells spielt keine Rolle, da die Eloxalschicht mit der Farbstoffeinlagerung selbst in spitzen Winkeln und an Rundungen hergestellt werden kann. Durch die Verdichtungsmöglichkeit der chemigraphierten Farbeloxalschicht weisen die Grenzschichtaufzeichnungen in der Farb- 30 intensität nahezu unbegrenzte Haltbarkeit auf. Die exakt einzustellenden Bedingungen zur Herstellung der Eloxalschichtdicke und der Farbstoffkonzentration gewährleisten eine hohe Reproduzierbarkeit der "Trägersubstanzkonzentration" sogar bei kurzen Expositionszeiten. Das 35 erfindungsgemäße Verfahren bietet die Möglichkeit auch

noch bei extrem hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten die Grenzschichtströmungen beispielsweise eines Flügelrades in einer Strömungsvorrichtung aufzuzeichnen, da ein Abplatzen oder Wegschleudern der präparierten Schicht durch die auftretenden Fließkräfte nicht eintritt. Selbst 5 nieder- und hochviskose Flüssigkeiten führen noch zu konturenscharfen Chemigraphien.

Als zu chemigraphierende Oberflächen, kapillaraktive 10 Eloxaloberflächen, sind Bauteile und Formstücke aus vorzugsweise farblos anodisierfähigen Al-Werkstoffen, damit eine Beeinträchtigung der Farbkontraste ausgeschlossen wird, vorzugsweise jedoch klebefähige Folien und Bleche aus Reinaluminium in Dicken von 20 µm bis zu 15 einigen Millimetern geeignet. Bei strömungstechnisch interessierenden Objekten, deren Oberflächen nicht aus farblos anodisierfähigen Al-Werkstoffen bestehen, stellt man Modelle aus solchen Al-Werkstoffen (z.B. aus Raffinal[®], AlMg3 oder AlMgSi 0,5) her oder überzieht 20 deren Oberflächen oder zumindest die strömungstechnisch interessierenden Oberflächenbereiche mit farblos anodisierfähigem Aluminium, Al-Folien oder Al-Blechen. Handelt es sich um Objekte aus elektrisch leitfähigen Materialien, dann kann deren Oberfläche mit Hilfe des 25 Galvanoaluminierverfahrens mit dem vorzüglich und farblos-transparent anodisierbaren Galvano-Aluminium (Sigal[®]-Oberfläche) beschichtet werden. Die Galvano-Aluminium-Eloxal-Schicht-Oberflächen sind sehr homogen und gleichmäßig einfärbbar, frei von Texturen und mit 30 4000 N/mm² HV vorteilhaft hart, d.h. für strömungstechnisch stark oder sogar abrasiv beanspruchte Oberflächen besonders geeignet. Die Galvano-Aluminium-Eloxal-Beschichtung von Bauteilen und Formstücken bietet sich vorzugsweise dann an, wenn die zu chemigraphierenden 35 Oberflächen dreidimensional gekrümmt sind (z.B. Propellerblatt einer Schiffsschraube oder Oberfläche

- 5 - VPA 79 P 7 5 2 6 EUR

einer Rühr- oder Förderschnecke) und das formgetreue Überziehen bzw. Bekleben mit Al-Folie Schwierigkeiten bereitet. Weitere geeignete Verfahren zur Beschichtung von Bauteilen oder Formstücken aus Aluminium sind z.B.

5 Vakuumbedampfen, Flamspritzen und Tauchaluminieren, wenn die hierdurch erhaltenen Aluminiumbeschichtungen gleichmäßig hinreichend dicht und dick und vorzugsweise farblos anodisierbar sind.

10 Geeignete strömende Medien sind z.B. Wasser und wäßrige und organische Lösungen sowie ölige und pastöse Flüssigkeiten.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren können beispiels-
15 weise auf nach dem Gleichstrom-Schwefelsäure-Verfahren (GS-Verfahren) hergestellten Eloxalschichten im Bereich von 1-25 μm , vorzugsweise 8-12 μm Dicke, Grenzschichtströmungen mittels charakteristischer Farbstoffadsorption aufgezeichnet werden.

20

Hierzu kann gemäß einer Verfahrensweise A erfindungsgemäß die Flüssigkeit homogen mit einem von der farblosen Eloxalschicht adsorbierbaren Farbstoff angefärbt werden. Es findet bei ruhender Flüssigkeit ein langsames und auf allen (von der eingefärbten Flüssigkeit
25 berührten) Oberflächenbereichen gleichmäßiges Eindiffundieren und Adsorbieren von Farbstoff statt. Bei strömender Flüssigkeit hingegen wird in Abhängigkeit von der jeweiligen Grenzschichtdicke und Beströmungszeit mit
30 abnehmender Grenzschichtdicke mehr Farbstoff adsorbiert und dadurch ein charakteristisches Bild der lokalen Grenzschichtströmung direkt aufgezeichnet. Weil sich die Grenzschichtströmung gewissermaßen selbst in die kapillaraktive Eloxalschicht einschreibt, kann ein solches
35 Aufzeichnungsverfahren als "Eloxal-Farbschicht-Chemigraphie von Grenzschichtströmungen" bezeichnet

werden.

Vor allem bei nichtwäßrigen Flüssigkeiten hat sich eine
Verfahrensweise B, die negative Verfahrensweise zur
5 Verfahrensweise A, besonders bewährt. Hierzu wird erfindungsgemäß die Eloxaloberfläche homogen eingefärbt und
der strömenden Flüssigkeit ein den Farbstoff entfärbendes bzw. chemisch sichtbar veränderndes Agens zugesetzt.
Mit abnehmender Grenzschichtdicke wird das Agens stärker
10 und rascher wirksam. Es entsteht ein Eloxal-Farbschicht-Chemigraphie-Negativ.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform C des
erfindungsgemäßen Verfahrens kann sowohl bei eingefärb-
15 ter als auch bei nicht eingefärbter unverdichteter
Eloxaloberfläche durch das strömende Medium ein Verdichtungsvorgang herbeigeführt werden, der zunächst zu einem
latenten Chemigraphiebild führt, das durch einen Entwicklungsvorgang, einmal durch Ätzkontrastierung zum anderen
20 durch Einfärben, sichtbar wird.

Diese Verfahrensweise eignet sich besonders für heiße
hydroxylionenhaltige Flüssigkeiten. Überall dort wo die
heiße hydroxylionenhaltige Flüssigkeit^{die}/eingefärbte Eloxal-
25 xalschicht beströmt, wird der Farbstoff durch Verdichten der Eloxalschichtfeinstruktur kochfest eingeschlossen.
Aus den nicht oder nur mäßig von der heißen Flüssigkeit beströmten Oberflächenbereichen kann der Farbstoff durch
anschließendes Behandeln mit verdünnten Agenzien, z.B.
30 verdünnter Salpetersäure oder Schwefelsäure, herausgelöst werden. Dadurch entsteht ein besonders kontrastreiches Chemigraphiebild der Grenzschichtströmung
(Ätzkontrastierung).

Auch bei nicht eingefärbten Eloxalschichtoberflächen ist
35 diese Verfahrensweise mit heißen hydroxylionenhaltigen Flüssigkeiten anwendbar, wobei dann die nicht oder nur

mäßig beströmten Oberflächenbereiche beim anschließenden Einfärben Farbstoff adsorbieren und sich dadurch von den verdichteten Oberflächenbereichen, die keinen Farbstoff mehr aufnehmen können, gut sichtbar abheben.

5

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auch die lokale Richtung und unter bestimmten Bedingungen auch die Geschwindigkeit der Grenzschichtströmung und deren zeitliche Fortentwicklung aufgezeichnet werden. Es wird auf die Oberflächen aus kapillaraktiver Eloxalschicht der adsorbierbare Farbstoff in Form von Farbstoffpunkten, vorzugsweise regelmäßig mit Hilfe der Siebdrucktechnik, beliebig dicht oder aufgelockert unmittelbar auf der Eloxalschichtoberfläche - gewissermaßen in den Grenzschicht - deponiert. Der Farbstoff kann so ausgewählt sein, daß ihn die strömende Flüssigkeit auflöst oder nicht auflöst. In letzterem Falle wird dann durch einen lösenden Zusatz zur strömenden Flüssigkeit die Auflösung des Farbstoffes herbeigeführt. In jedem Falle werden die kleinen punktförmigen Farbstoffdepots im Maße der lokalen Grenzschichtströmung aufgelöst, wobei überraschenderweise unmittelbar Farbstoff aus diesem kleinen Farblösungsvolumen, das von der Grenzschichtströmung richtungsgetreu mitgeführt wird, in die kapillaraktive Eloxalschicht deutlich sichtbar adsorbiert wird. Von jedem von der Grenzschichtströmung erfaßten Farbstoffpunkt geht ein Farbschweif aus, der sich sofort in die Eloxalschicht chemigraphisch "einschreibt" und damit den lokalen Verlauf der Grenzschichtströmung aufzeichnet und sichtbar macht. Die chemisorptive Bindung der Farbstoffmoleküle in der Eloxalschichtfeinstruktur, beispielsweise Näpfchen, Röhren, ist so stark, daß die Farbschweife von der weiter darüberhin strömenden Flüssigkeit nicht ausgewaschen werden und die pointillisierte Grenzschichtströmungs-Chemigraphie stabil

und dauerhaft ist. Bei Expositionszeiten von wenigen Minuten bis herab in den Sekundenbereich können Grenzschichtströmungsverläufe richtungsgetreu aufgezeichnet und fixiert werden.

5

Bei dieser als "Pointillisierungstechnik" bezeichneten Verfahrensweise ist eine Relation zwischen Farbschweiflänge und lokaler Geschwindigkeit der Grenzschichtströmung vorhanden. Ein einfacher Zusammenhang scheint
10 aber nur bei laminarer Strömung und innerhalb bestimmter Geschwindigkeitsbereiche zu bestehen.

Gilt es die Strömungsänderung bzw. einen zeitlich später eintretenden anderen Strömungsverlauf durch Aufzeichnung des Grenzschichtströmungsverlaufes zu erfassen, so
15 hat sich die nachfolgend als "Doppelpointillisierung" bezeichnete Verfahrensweise besonders bewährt. Sie ermöglicht auch das Ausschalten bzw. Zurückdrängen von Anlaufeinflüssen auf die Grenzschichtströmungschemi-
20 graphie stationärer Flüssigkeitsströmungen. Gemäß der Erfindung wird eine nach dem Pointillisierungsverfahren auf der Eloxaloberfläche applizierte Farbstoff-Punktraster durch eine farblose, nicht-chemigraphierende langsam oder zunächst nicht lösliche Substanz, die über
25 die ganze Oberfläche in hinreichender Schichtdicke aufgebracht werden kann, mit einem zweiten Sieb gleicher Punktfolge, jedoch mit einem etwas größeren Punktdurchmesser darüber gedruckt. Bei solchermaßen präparierten Eloxalschichtoberflächen beginnt das Chemigraphieren
30 der Grenzschichtströmung erst nach dem Auflösen der übergedruckten Substanz, das heißt Anlauf- oder Einsenkprobleme können ausgeschaltet werden. Bei nicht löslichen Substanzen wird die Auflösung im gewünschten Zeitpunkt durch den Zusatz kleiner Mengen eines auflö-
35 sendenden Stoffes in das Flüssigkeitsvolumen herbeigeführt. Da auch dieser Auflösungs Vorgang im Maße der

lokalen Grenzschichtströmung stattfindet, tritt keine störende Beeinflussung der Grenzschichtströmungs-Chemigraphie ein.

- 5 Auch diese und eine weitere Verfahrensweise nützen das Prinzip des an sich bekannten Siebdruckes. Diese weitere Ausführungsform F des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mit besonderem Vorteil bei Substanzen eingesetzt, die an feuchter Luft wenig beständig sind. Es werden hierzu
- 10 erfindungsgemäß auf eine homogen eingefärbte Eloxal-schichtoberfläche vorzugsweise mittels Siebdrucktechnik Substanzpunkte aus z.B. reduzierenden Stoffen wie z.B. Natriumdithionit, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ oder Hydrazinsulfat $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$ oder oxidierenden Stoffen wie z.B. Ammoniumpersulfat
- 15 $(\text{NH}_4)_2 \text{S}_2\text{O}_8$, Kaliumpersulfat $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, Natriumperborat $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ oder $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ Perborax oder chemisch den Farbstoff sichtbar verändernde Stoffe (nitrierende, bromierende oder zersetzende Stoffe) aufgedruckt, die dann von der strömenden Flüssigkeit ge-
- 20 löst und gemäß dem Verlauf der Grenzschichtströmung den adsorbierten Farbstoff entfärben oder sichtbar verändern.

Für das erfindungsgemäße Verfahren sind zur Einfärbung der Eloxalschicht bzw. des Flüssigkeitsmediums wasser-

25 lösliche, in organischen Lösungsmitteln lösliche und öllösliche Farbstoffe, insbesondere die im Handel erhältlichen Aluminiumfarbstoffe geeignet, z.B. Alizarin-, Indanthren-, Anthrachinon-, Azo-, Indigo- oder Chinaldin-farbstoffe.

30

Für die Anwendung der "Pointillisierungstechnik" werden für wäßrige Strömungsmedien die gleichen Farbstoffe verwendet.

Bei nichtwäßrigen Medien werden bevorzugt im Handel er-

35 hältliche Farbpasten (Aluprint[®]) oder käufliche Farb-

stoffe (z.B. Savinyl[®]) eingesetzt.

Für die öligen Medien eignen sich ebenfalls bevorzugt die bereits erwähnten Aluprint[®]-Pasten oder die Farbstoffe Sudanblau[®], -rot usw.

- 5 Um jedoch diese teils pulverförmigen Farbstoffe einzusetzen, müssen sie zur Anwendung der Siebdrucktechnik in einem pastösen Zustand überführt werden.

- Vielfach hat sich eine Paste aus mehreren Komponenten
10 als besonders günstig erwiesen, in der die eine Komponente die Funktion der eigentlichen Druckpaste mit passender Konsistenz und Oberflächenspannung sowie ausgezeichnete Haftfestigkeitsvermittlung für das Farbstoffdepot, vorzugsweise das siebgedruckte Farbstoff-
15 depot hat, während die andere Komponente den eigentlichen Chemigraphiefarbstoff darstellt, der von strömenden Flüssigkeitsmedien gelöst und aus dem gefärbten Grenzschriftströmungsvolumen in die kapillaraktive Eloxalschicht chemisorbiert und adsorbiert wird. Zur
20 Einstellung der erforderlichen Viskosität wird noch ein Verdünner, vorzugsweise Methyläthylketon, zugesetzt.

- Bei Bestromung mit z.B. nichtwässrigen oder öligen Strömungsmedien, bei denen der Chemigraphiefarbstoff
25 nicht unmittelbar löslich ist, werden dem Strömungsmedium geringe Mengen eines organischen, jedoch mischbaren Lösungsmittels, beispielsweise Aceton, Dichlormethan, Toluol oder Xylol zugesetzt.

- 30 Zur Verstärkung des Chemigraphie-Aufzeichnungseffektes können den Farbstoff- und Agenzienpasten auch noch im UV-Licht aufleuchtende oder fluoreszierende Stoffe beigemischt werden, in Sonderfällen radioaktiv markierte Stoffe, die nach dem Chemigraphieren durch Auflegen
35 einer strahlungsempfindlichen Folie auf die chemigraphierten Eloxalschicht in an sich bekannter Weise

durch längere Expositionszeiten auch noch sehr verdünnte, in minimaler Menge adsorbierte Stoffe und damit den Verlauf der Grenzschriftströmung sehr empfindlich sichtbar machen. Auch geeignete Kombinationen photographisch nutzbarer Stoffe erwiesen sich als vorteilhaft.

Für die erfindungsgemäße Verfahrensweise durch Pointillisieren mittels Siebdruck unter Verwendung eines Rasters, beispielsweise eines Rasters mit Punkt-,
10 Strich- oder Kreisrasteröffnungen, wobei gemäß der Doppelpointillisierung mit zwei Rastereinheiten gearbeitet wird, dessen Öffnungen beispielsweise die punkt- oder strichförmig im zweiten Raster etwas größer als im ersten sind (Fig. 4 und 5), werden erfindungsgemäß
15 Abdeck- und Schutzpasten verwendet, die im Flüssigkeitsmedium hinreichend langsam löslich sind, mit dem Farbstoff nicht reagieren und in die kapillaraktive Eloxalschicht weder adsorbierbar noch einlagerbar sind. Sofern die Paste im Flüssigkeitsmedium unlösliche Bestandteile
20 enthält, müssen diese durch Zugabe kleinster Mengen an Lösungsvermittlern auflösbar sein. Druckpasten aus Rohrucker (Saccharose), Methylcellulose und Wasser oder Gelatine, Methylcellulose und Wasser haben sich als geeignet erwiesen. Besonders geeignete Pastenmischungen
25 bestehen aus 50 Gewichtsteilen Saccharose, 4 Gewichtsteilen Methylcellulose und 46 Gewichtsteilen Wasser oder 2-3 Gewichtsteilen Gelatine, 0,5 Gewichtsteilen Methylcellulose und ca. 60 Gewichtsteilen Wasser.

30 Nach dem Trocknen der bedruckten Eloxalschicht-Aluminiumfolien oder -aluminiumbleche an reiner Luft bei Raumtemperatur in etwa 2 Stunden oder im Trockenschrank bei 50°C in ca. 30 Minuten sind die erfindungsgemäßen

Chemigraphie-Materialien für Grenzschriftströmungsaufzeichnungen einsetzbar. In Polyäthylenfolientaschen eingepackt bzw. eingeschweißt sind sie bei Raumtemperatur in trockener Atmosphäre mindestens 1 Jahr haltbar 5 und gut auf Vorrat zu halten.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird mit besonderem Vorteil zum Aufzeichnen von Grenzschriftströmungen eingesetzt, die in Kühl- und Heizaggregaten auftreten sowie 10 in Umlauf-, Galvanisier- und Spülbädern. Die Aufzeichnungen erlauben z.B. die Optimierung der Wasserkühlung von Flachbaugruppen.

Die Erfindung wird durch die folgenden Beispiele näher 15 erläutert.

Herstellung des Chemigraphie-Materials

a) Herstellung einer farblosen Aluminiumeloxalschicht- 20 oberfläche

1. Ein Zylinder (oder Hohlzylinder) mit den Abmessungen 55 mm hoch 60 mm Durchmesser aus AlMg3 gefertigt, dessen Oberflächen im Strömungskanal chemigraphisch untersucht werden sollen, wird im 25 stabilisierten Perchloräthylen-Dampfbad entfettet, im NaOH-Bad einige Sekunden abgeätzt und seine Oberfläche in Spül- und Beizbädern, z.B. aus verdünntem HNO_3 gereinigt.

Unmittelbar anschließend wird dann der gereinigte 30 Zylinder (oder Hohlzylinder) in einem Anoden-Rahmen aus Titan-Werkstoff fixiert und kontaktiert und seine Oberfläche bei $1,5 \text{ A/dm}^2$ Stromdichte und von 0 bis 17 V ansteigender Badspannung in 18°C kalten Gleichstrom-Schwefelsäure-Eloxierbad 35 (GS-Bad) ca. 30 min anodisch oxidiert.

2. Die dreidimensional gekrümmte Oberfläche einer Modell-
schiffsschraube aus Stahl, Messing- oder Bronze wird
mit einer ca. 20 µm dünnen Galvano-Aluminiumschicht
überzogen und die sehr homogene silberhelle Galvano-
5 Aluminiumschicht dann im GS- oder GSX-Bad ca. 15 µm
stark anodisiert.
3. Auf abwickelbare Bauteiloberflächen werden selbst-
klebende Aluminiumfolienstücke ca. 0,1 mm stark auf-
gebracht, die zuvor durch kurzzeitiges Eintauchen in
10 verdünnte Natronlauge, Wasser und entionisierten
Wasser gereinigt worden sind. Zum Anodisieren werden
die Stücke dann in ein GSX-Bad eingesenkt und bei
1,5 A/dm² Stromdichte, 22 Volt Badspannung und 13°C
40 min anodisch oxidiert.
- 15
- b) Einfärbung einer Aluminiumeloxalschicht
1. Ein nach dem Verfahren a1) hergestelltes Muster
wurde bei einer Badtemperatur von 20°C 5 min
eingefärbt in einem Färbebad enthaltend 3 g/l
20 "Aluminiumblau (R)". Nach ca. 0,5minütigem Spülen
in Wasser von 20°C zeigen die Zylinderoberflächen
eine allseitig homogene blaue Einfärbung und
können nach dem Trocknen bei 50°C oder Tauch-
spülen in Aceton und Trockenblasen mit ölfreier
25 Preßluft sofort für Chemigraphieversuche einge-
setzt werden. In Polyäthylenfolien eingeschweißt
und bei Raumtemperatur aufbewahrt sind die einge-
färbten Eloxaloberflächen praktisch über
12 Monate kapillaraktiv und einsatzfähig.

2. Ein nach dem Verfahren a3) einseitig mit einer ca. 15 μm dicken Eloxalschicht überzogenes und mit Aluminiumfolie beschichtetes Werkstück wird unter Verwendung und Einsatz eines Färbebades

5

Färbebad : 3 g/l Aluminium Echrot[®]
Färbebad-Temperatur: 60°C
Einfärbezeit : 10 min
Tauchspülen : 2 min in Fließwasser v. 20°C

10

homogen tiefrot eingefärbt.

c) Pointillisieren

- 15 Auf anodisierte Aluminiumstücke oder mit Aluminium-
folie bestückte anodisierte Teile mit unverdichteten
ungefärbten oder gefärbten Eloxalschichten wird
mittels Siebdruck ein Muster hergestellt, vorzugs-
weise mit regelmäßig verteilten Punkt-, Strich-,
20 Balken- oder Kreisrastern, vgl. Fig. 1a, 1b,
2a, 2b. Solche Raster und Anordnungen sind im Hin-
blick auf das damit auszudruckende Farbstoffvolumen
je Rastereinheit besonders vorteilhaft anwendbar für
die Grenzschichtströmungs-Chemigraphie in Strömungs-
25 kanälen, wo eine Hauptströmungsrichtung vorgegeben
ist und höhere Strömungsgeschwindigkeiten (Balken-
struktur) zu erwarten sind. Der aufzulösende Farb-
stoffvorrat je Rastereinheit ist bei Strich- und
Balkenstrukturen größer als bei Punktrastern. Eine
30 weitere Möglichkeit, das lokale Farbstoffvolumen bzw.
Farbstoffdepot zu erhöhen und von Vorzugsrichtungen
frei zu sein, eröffnen Drucksiebe mit Kreisraster-
anordnungen, wie sie die Fig. 3a u. 3b zeigen. Es
können auch Raster aus Dreiecken (mit Spitze in
35 Hauptströmungsrichtung), langgezogenen Rauten oder
Quadraten u.dgl. in vorteilhafter Anordnung für das

Bedrucken von kapillaraktiven Eloxalschichtoberflächen verwendet werden.

5 Die mit der geeigneten Lochstruktur versehenen Druck-
siebe werden nun im Siebdruckrahmen in einem Abstand
von 1-3 mm über der Eloxalschichtoberfläche der
Al-Folie oder des Al-Blechtes straff eingespannt und
mit den Farbstoffpasten oder Agenzienpasten beauf-
schlagt. Mittels einer Gummirackel wird der Siebdruck
10 der Farbstoffpasten auf die unverdichtete trockene
Eloxalschichtoberfläche vollzogen.

Die Rastereinheit aus Farbstoff- oder Agenzienpasten
enthalten je Rasterstruktur praktisch gleichgroße
15 Menge an adsorbierbaren Farbstoff bzw. chemisch
reagierenden Agenzien in praktisch gleicher räumli-
cher Form (Spitzkegel, Halbkugel, Wall etc.), so daß
über die ganze pointillisierte Eloxalschichtober-
fläche lokal überall dieselben stofflichen und geome-
20 trischen Voraussetzungen vorgesehen sind. Dies gilt
auch für die nach dem Siebdrucken durch sorgfältiges
und gleichmäßiges Trocknen erhaltenen lagerfähigen
pointillisierten Chemigraphie-Materialien.

25 A. Eloxalfarbschichtchemigraphie - Positiv

Beispiel 1

Auf eine gemäß a3) vorbehandelte Aluminiumfolie wird
ein Zylinder senkrecht in einen mit Wasser gefüllten
30 Strömungskanal gestellt bei Verwendung von

Chemigraphie-Material: 0,1 mm dicke Al-Folie mit
ca. 15 µm GS-Eloxalschicht
gemäß a3)

Flüssigkeitsmedium: Wasser von Raumtemperatur mit
35 0,01 g/l mit Aluminiumblau
2LW^(R) homogen eingefärbt

Strömungsgeschwindigkeit: 0,2 m/s

Expositionszeit: 4,0 min

Den Grenzschichtströmungsverlauf in der Nachbarschaft
5 des Zylinders zeigt Fig. 6. Man sieht deutlich den
schalenförmigen Aufbau des sich an der Vorderseite des
Zylinders als Widerstandskörper aufstauenden Flüssig-
keitsmediums und das durch Wirbelbildung verursachte
"Totwasser"-Gebiet an der Rückseite des Zylinders als
10 hervorstechendste Charakteristika des Grenzschicht-
strömungsverlaufes.

Beispiel 2

Ein gemäß a1) beschichteter Zylinder auf nach a3)
15 beschichtete Aluminiumfolie wird senkrecht in einem mit
Öl (Paraffin) gefüllten und mit Aluprint-Marineblau (R)
(5 g/l), gelöst in Methyläthylketon, eingefärbtes Medium
in den Strömungskanal eingebracht. Die Temperatur der
strömenden Flüssigkeit beträgt 70°C, die Strömungsge-
20 schwindigkeit ca. 8 cm/sec und die Expositionszeit 8 min.
Fig. 7 zeigt den Grenzschichtströmungsverlauf in der
Nachbarschaft des Zylinders. Man sieht deutlich, daß
auch in öligen Flüssigkeiten und bei höheren Temperatu-
ren kontrastreiche Grenzschichtströmungsaufzeichnungen
25 erhalten werden können. Auch in diesem Falle läßt sich
der schalenförmige Aufbau des sich aufstauenden
Flüssigkeitsvolumens vor dem Zylinder als Widerstands-
körper erkennen. Infolge der anderen Viskositäts- und
Strömungsverhältnisse als bei Wasser (Beispiel 1) zeigt
30 sich an der Rückseite des Zylinders auf der Aluminium-
folie ein ganz anderes Grenzschichtströmungsbild.

Nach dieser Verfahrensweise können mit Vorteil
Strömungsanalysen in Auto- und Mehrbereichtsölen vorge-
35 nommen werden.

B) Eloxalfarbschichtchemigraphie-NegativBeispiel 3

Auf eine Aluminiumfolie gemäß a3.) 12 µm stark mit GSX-Eloxalschicht anodisiert und rot eingefärbt wird
5 ein Zylinder senkrecht in einen mit Wasser und etwas Salpetersäure enthaltenden Strömungskanal gestellt. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s und einer Expositionszeit von 1,5 min wird ein konturenstarkes Chemigraphiebild für den Grenzschriftströmungsverlauf
10 erhalten. Dieses ist der Fig. 6 sehr ähnlich, jedoch im Sinne eines Farbbildnegativs. Wo in Fig. 6 stärkere Farbtiefen zu erkennen sind, ist hier der rote Farbstoff stärker herausgelöst und die entsprechenden Oberflächen-

15 Bereiche erscheinen silberhell-farblos bis blaßrot.
Ein gleiches Chemigraphiebild ist erhältlich, wenn anstelle der Salpetersäure das stark oxidierend wirkende Ozon verwendet wird. Es genügen hiervon bereits Mengen von etwa 0,01 Gew.%

20

C) Eloxalfarbschichtchemigraphie - latentes Bild mit EntwicklungBeispiel 4

25 Chemigraphie-Material: 0,2 mm dicke Al-Folie von 140x220 mm Fläche beidseitig gemäß a3.) mit einer ca. 15 µm starken GSX-Eloxalschicht überzogen, gut gewaschen und getrocknet, jedoch nicht eingefärbt.
30

Versuchseinrichtung: Heißwasserdüse von 1 mm Ø^o Öffnungsweite mit einem Anstellwinkel von etwa 10^o gegen die präparierte Al-Folie gerichtet.
35

- 18 - VPA 79 P 7526 EUR

Flüssigkeitsmedium: Wasser von 90°C

Ausströmungsge-

schwindigkeit: >5 m/s

Expositionszeiten: a) 0,75 min (rechts auf der Al-Folie)

5

b) 1,5 " (Mitte der Al-Folie)

c) 3,0 " (links auf der Al-Folie)

- 10 Auf der farblosen Oberfläche sind keine Grenzschichtströmungsaufzeichnungen zu erkennen, wenngleich sich die Grenzschichtströmung durch lokal unterschiedliche Verdichtungsgrade schon in die Eloxalschicht eingeschrieben hat. Durch anschließendes Eintauchen der
- 15 Al-Folie in ein Färbebad: 3 g/l Aluminiumblau 2 LW[®] von 20°C über

5 min lang wird das latente Chemigraphiebild kontrastreich sichtbar wie die Figur 8 (a,b,c) deutlich zeigt.

- 20 Unter Titelbild 8c wird der Feinbau des chemigraphischen Grenzschichtströmungsbildes klar sichtbar.

Dieses Beispiel zeigt die hohe Empfindlichkeit der kapillaraktiven Eloxalschichtoberfläche gegen Verdich-

- 25 tungsvorgänge mit heißem Wasser oder Hydroxylionen.

Beispiel 5

Das in Beispiel 4 prinzipiell aufgezeigte Verfahren wird nun durch einen Versuch im Strömungskanal - im Heiß-

- 30 wasser-Strömungskanal - praxisnah ergänzt.

Fig. 9 zeigt die Eloxal-Farbschicht-Chemigraphie des Grenzschichtströmungsverlaufes um ein Tragflügelprofilsegment im mit heißem Wasser betriebenen Strömungskanal.

Abmessungen des Tragflügelprofilsegmentes: 40 mm Länge,
6 mm Breite,
10 mm Höhe

- 5 Chemigraphie-Material: 1 mm dickes Blech aus dem
Al-Werkstoff
Al-Werkstoff Al Mg3 gemäß a3.)
mit einer ca. 12 μ m starken
GSX-Eloxalschicht überzogen,
aber nicht eingefärbt.
- 10 Flüssigkeitsmedium: Wasser von 90°C
Strömungsgeschwindigkeit: 0,4 m/s
Expositionszeit: 5,0 min

15 Das latente Chemigraphiebild des Grenzschriftströmungs-
verlaufes auf der präparierten Grundplatte in unmittel-
barer Nachbarschaft zum Widerstandskörper wird durch
Einsenken in ein Färbebad sichtbar gemacht.

20 Färbebad: 3 g/l Aluminiumblau 2 LW[®], 5 min bei 20°C.

Nur in die nicht oder nur partiell verdichteten Eloxal-
schichtfeinstrukturen kann der Farbstoff noch einziehen
und adsorbiert werden. Der lokale Verdichtungsgrad wird
vom Verlauf und Dicke der Heißwasser-Grenzschrift-
25 strömung bestimmt.

D) Pointillisierung

Beispiel 6

30 Eloxal-Farbschicht-Pointillisierungs-Chemigraphie des
lokalen Grenzschriftströmungsverlaufes um einen auf
einer Würfelfläche stehenden Kubus (Fig.10) im mit
Wasser gefüllten Strömungskanal.

- 20 - VPA 79 P 7526 EUR

Abmessungen des Kubus: 26x26x26 mm;

Chemigraphie-Material: 0,2 mm dicke Al-Folie von
 125x200 mm Fläche mit ca. 15 µm
 starker GSX-Eloxalschicht gemäß
 5 a3.) überzogen und gemäß D mit
 einem Farbstoffpunktraster be-
 stehend aus

100 Gew.T.Aluprint-Marineblau 2N[®]

50 Gew.T.Methyläthylketon

10 150 Gew.T.Aluminiumblau 2 LW[®]

entsprechend Fig.1b bedruckt.

Punktdurchmesser ca. 0,5 mm,

Punkthöhe ca. 30 µm.

Flüssigkeitsmedium: Wasser von Raumtemperatur

15 Strömungsgeschwin-

digkeit: 0,4 m/s

Expositionszeit: 5 min

Wie in Fig. 10 sehr gut zu erkennen ist, zeichnen die
 20 bis 15 mm langen Farbschweife den örtlichen Verlauf der
 Grenzschriftströmung genau und dauerhaft auf. Wie unter-
 schiedlich die Grenzschriftströmungen in Richtung und
 Geschwindigkeit in unmittelbarer Nachbarschaft des Wider-
 standskörpers sind, wird chemigraphisch mittels der
 25 Farbschweife direkt sichtbar gemacht. Durch anschließen-
 des Verdichten in siedendem entionisiertem Wasser wurde
 die Chemigraphie praktisch unbegrenzt haltbar gemacht.

Beispiel 7

30 Eloxal-Farbschicht-Pointillierungs-Chemigraphie des
 lokalen Grenzschriftströmungsverlaufes um ein auf einer
 Dreiecksfläche stehendes dreiseitiges Prisma (Fig.11)
 im mit Öl gefüllten Strömungskanal.

- 21 - VPA 79 P 7 5 2 6 EUR

Abmessungen des Prismas: 30/50/58 mm Grundfläche,
30 mm Höhe;

Chemigraphie-Material: 0,1 mm dicke Al-Folie von
68x93 mm Fläche mit ca. 12 µm
starkerGSX-Eloxalschicht gemäß
a3) überzogen und gemäß c) mit
einem Farbstoffpunktraster be-
stehend aus

100 Gew.T. Aluprint-Farblos
50 Gew.T. Methyläthylketon
150 Gew.T. Sudanblau (R)
entsprechend Fig. 1b bedruckt.
Punkt-Durchmesser ca. 0,3 mm,
Punkt-Höhe ca. 20 µm.

15 Flüssigkeitsmedium: Paraffinöl von Raumtemperatur
Strömungsge-
schwindigkeit: 0,05 m/s
Expositionszeit: 5 min

20 Durch den in der Farbpaste vorhandenen öllöslichen Farb-
stoff Sudanblau (R) erhält man beim Chemigraphieren bis
20 mm lange konturenscharfe Farbschweife, die den Verlauf
der Grenzschriftströmung um das rechtwinklige Prisma
lokal und richtungsweisend sehr deutlich sichtbar machen
25 und dauerhaft in die Eloxalschicht einschreiben (siehe
Fig.11).

Beispiel 8

Während die Beispiele 6 und 7 die hervorragende Möglich-
keit der Pointillisierungstechnik zur Sichtbarmachung
und Aufzeichnung der lokalen Grenzschriftströmungsrich-
tung belegen, dokumentieren die dreifolgenden Beispiele
die erfindungsgemäße Möglichkeit der Pointillisierungs-
technik auch die Grenzschriftströmungsgeschwindigkeit
35 unter Berücksichtigung der Expositionszeit "sichtbar" zu
machen, genauer: die aufgezeichnete Farbschweiflänge mit

der Geschwindigkeit der Grenzschichtströmung in Relation zu bringen.

Die Eloxal-Farbschicht-Pointillisierungs-Chemigraphien
5 in den Figuren 12a und 12b demonstrieren zunächst
beispielhaft den Einfluß der Expositionszeit auf die sich
einschreibende Farbschweiflänge. Um reproduzierbare Ver-
suchsbedingungen leicht einstellen zu können, wurde die
Oberfläche einer im Flüssigkeitsmedium untergetaucht
10 kreisenden Scheibe von 124 mm Durchmesser mit
pointillisiertem Chemigraphie-Material belegt und die
Scheibe über eine zentrale Achse mittels eines regulier-
baren Rührmotors angetrieben.

Chemigraphie-Material: 0,2 mm dicke Al-Folie mit
15 ca. 15 µm starker GSX-Eloxal-
schicht gemäß a3) überzogen und
gemäß c) mit einem Farbstoff-
punkttraster entsprechend Fig.1a
und der Farbpaste gemäß
20 Beispiel 6 bedruckt. Punkt-
Durchmesser ca. 0,5 mm, Punkt-
Höhe ca. 30 µm.

Flüssigkeitsmedium: Wasser von Raumtemperatur
Umdrehungsgeschwin-
25 digkeit der Scheibe: 100 U/min
Expositionszeiten: 0,5 min bei Fig.12a
5,0 min bei Fig. 12b

Die Chemigraphie in Fig. 12a (halbe Originalscheibe)
30 beweist, daß schon in 30 Sekunden über 10 mm lange
Farbschweife deutlich eingeschrieben sind, die - wie
strömungs- und rotationstechnisch zu erwarten ist -
mit zunehmender Entfernung vom Drehpunkt der Scheibe
infolge der ansteigenden Zentrifugalgeschwindigkeit
35 der Grenzschichtströmungen einen größeren Krümmungs-
radius aufweisen, der in direkter Relation zur lokalen

Geschwindigkeit der Grenzschichtströmung steht und rechnerisch ausgewertet werden kann.

Die Chemigraphie in Fig.12b demonstriert, daß zwar bei
5 10fach längerer Expositionszeit die Farbschweife noch deutlicher und länger (bis über 30 mm lang) werden, die Krümmungsradien lokal unverändert gleich groß bleiben, weil die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe mit 100 U/min beibehalten worden ist.

10

Daß bei hinreichend großem und mengenmäßig gleichem Farbstoffdepot in den Farbstoffpunkten (bei der unter den gegebenen Bedingungen notwendigerweise ebenen Grenzschichtströmung) die Farbschweiflängen mit zunehmender
15 Entfernung vom Drehpunkt infolge der ansteigenden Geschwindigkeit der Grenzschichtströmungen zunehmen und ebenfalls rechnerisch zur Ermittlung der lokalen Strömungsgeschwindigkeiten ausgewertet werden können, ist folgerichtig zu erwarten. Eine Versuchsreihe mit rotierenden Scheiben noch größeren Durchmessers und kreuzförmig angeordneten Farbstoffpunktfolgen bietet dafür
20 die experimentell einfachsten und mathematisch gut überschaubaren Voraussetzungen, solange die Grenzschichtströmungen im laminaren Bereich bleiben. Die in solchen
25 Versuchen gewonnenen Erkenntnisse über die Relation zwischen Farbschweiflänge und Geschwindigkeit der Grenzschichtströmungen sind dann auch für laminare Grenzschichtströmungen in ebenen, gestreckten Strömungskanälen und analogen Strömungszuständen in Geräten und
30 Apparaten gültig und nutzbar.

Beispiel 9

Für die strömungstechnische Untersuchung von Widerstandskörpern (Profilteilen, Formstücken, Modellobjekten etc.)
35 in Flüssigkeitsströmungskanälen und Apparaturen mit vorzugsweiser Längsströmung laminarer Art haben sich an

- 24 - VPA 79 P 7526 EUR

Stelle von Farbstoffpunkten Farbstrich- und Balkenstrukturen entsprechend Fig. 2a und 2b wegen größerer Farbstoffdepotmengen als besonders vorteilhaft erwiesen. In den Figuren 13, 13a und 13b wird diese Ausführungsform der Pointillisierungstechnik beispielhaft dargestellt.

- Chemigraphie-Material: 0,2 mm dicke Al-Folie mit
ca. 20 μm starker GSX-Eloxal-
10 schicht gemäß a3) überzogen und
dann entsprechend Fig. 2a bzw.
2b bedruckt (Fig. 13 zeigt 0,5
bzw. 1,0 mm breite und 2 mm
lange Strichstrukturen; Höhe
15 ca. 30 μm)
- Farbstoffpaste: gemäß Beispiel 6
- Abmessungen des Tragflügelprofilsegmentes: 40 mm lang,
ca. 8 mm breit am Kopf, 15 mm
hoch (Fig. 13a)
- 20 Abmessungen des Zylinders: 9 mm Durchmesser, 12 mm hoch;
(Fig. 13b)
- Flüssigkeitsmedium: Wasser von 20°C
- Strömungsgeschwindigkeit: 0,5 m/s
- Expositionszeit: 10 min
- 25 In beiden Fällen haben sich kräftige Farbschweife ausgebildet, die die lokale Grenzschichtströmung hinsichtlich Richtung und Geschwindigkeit deutlich sichtbar machen und aufzeichnen; sehr instruktiv die rückläufige
- 30 Grenzschichtströmung an der Konkavseite des Tragflügelprofilsegmentes in Fig. 13a. Die Farbstoffstriche enthalten für noch mehrfach längere Expositionszeiten ausreichend Farbstoff. Die dunkelblauen Farbschweife heben sich sehr kontrastreich vom silberhellen Grund des
- 35 Chemigraphie-Materials ab.

Beispiel 10

Als dreidimensional geformtes Objekt für eine chemigraphische Grenzschichtströmungsuntersuchung, das nicht mit präparierter selbstklebender Al-Folie überzogen werden kann und auch nicht aus einem hell anodisierenden Aluminiumwerkstoff, sondern aus einem anderen Metall oder leitfähigen Material besteht, kann z.B. ein Propellerblatt (Fig.14 und 15) durch Galvano-Al-Eloxal-Beschichtung gemäß a2) für das erfindungsgemäße Verfahren präpariert werden. Mit Hilfe der Eloxal-Farbschicht-Pointillierungs-Chemigraphie werden die Grenzschichtströmungen auf den Propellerblattoberflächen einer Schiffsschraube aus Messing- bzw. Bronzelegierung bei verschiedenen Anstellwinkeln sichtbar gemacht und aufgezeichnet. Hierfür werden die einzelnen Propellerblätter zunächst gemäß a2) allseitig mit Galvano-Al-Eloxal beschichtet und die ca. 15 μm starke GS-Eloxalschicht durch Pointillisieren mit einem Farbstoffpunktraster versehen.

20 Abmessungen der Propellerblätter:	ca. 100 mm lang, 60 mm breit, 2 mm dick;
Flüssigkeitsmedium:	Wasser von Raumtemperatur
Umdrehungsgeschwindigkeit:	ca. 60 U/min
25 Anstellwinkel:	steil, ca. 60°C, Fig.14 flach, ca. 20°C, Fig.15
Expositionszeit:	5 min

Die Figuren 14a und 15a zeigen die Oberseiten, die Figuren 14b und 15b die Unterseiten der Propellerblätter mit den chemigraphisch erzeugten Farbschweifern der recht unterschiedlichen Grenzschichtströmungen. Besonders auf den Oberseiten führen die unterschiedlichen Anstellwinkel zu sehr verschiedenen Grenzschichtströmungen, wie die Chemigraphien zeigen, doch auch auf den Unterseiten spiegeln die deutlich voneinander abweichenden Farb-

schweifrichtungen (bei 14b steiler als bei 15b) den Einfluß der Anstellwinkel wider. Bemerkenswert sind die gegenläufigen Grenzschichtströmungen nahe dem Ansatz des Propellerblattes am Drehkopf (besonders deutlich in 5 den Figuren 15a und 15b). Für den strömungstechnischen Fachmann lassen sicherlich schon die qualitativen Auswertungen der mit verschiedenen Anstellwinkeln erhaltenen Grenzschichtströmungs-Chemigraphien eine Beurteilung und Optimierung der Propellerblattform zu, doch 10 lassen sich bei genau festgelegten Versuchsparametern aus den Richtungen, Krümmungsradien und Längen der Farbschweife auch quantitative Ergebnisse gewinnen, die die Kenntnisse über das Strömungsgeschehen an der und um die Schiffsschraube erweitern.

15

Das Objekt dieses Beispiels, die Propellerblattoberfläche, ist bei schwierigeren Untersuchungsbedingungen für die Doppelpointillisierung prädestiniert, wie Beispiel 12 zeigt.

20

Beispiel 11

Dieses Beispiel ergänzt Beispiel 10 in zwei Perspektiven anhand der Figuren 16a und 16b in Eloxal-Farbschicht-Pointillisierungs-Chemigraphien in nichtwäßrigen 25 Flüssigkeitsmedien und hinsichtlich des Einflusses turbulenter Grenzschichtströmungen auf die Farbschweiflängen.

Die Versuchsanordnung mit untergetauchter rotierender 30 Scheibe von 120 mm Durchmesser entspricht prinzipiell der in Beispiel 10; als Flüssigkeitsmedium fungiert jedoch das viel dünnflüssigere Aceton.

- 27 - VPA 79 P 7526 EUR

- Chemigraphie-Material: 0,2 mm dicke Al-Folie mit
ca. 20 μm starker GSX-Eloxal-
schicht gemäß a3) überzogen und
die ausgeschnittenen Kreis-
scheiben mit im wesentlichen
radial angeordneten Farbstoff-
punktzeihen pointillisiert.
Punkt-Durchmesser ca. 0,4 mm
Punkt-Höhe ca. 20 bis 30 μm .
- 5
- 10 Farbstoffpaste: 100 Gew.T. Aluprintmarineblau 2N
56 Gew.T. Methyläthylketon
75 Gew.T. Savinylblau GLS ^(R)
- Flüssigkeitsmedium: Aceton
Oberflächenspannung bei 20°C:
15 $2,37 \cdot 10^{-4} \text{ N/cm}$
Viskosität bei 20°C: $2,4 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
(Wasser dagegen $7,28 \cdot 10^{-4} \text{ N/cm}$
bzw. $1,01 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$)
- Umdrehungsgeschwindig-
20 keit der Scheibe: 100 U/min bei Fig. 16a
500 U/min bei Fig. 16b
- Expositionszeit: 2,0 min in beiden Versuchen.
Bei den 50 mm vom Drehpunkt ent-
fernten (durch ein Rechteck ge-
kennzeichneten) Farbstoffpunkten
25 entspricht das einer Geschwin-
digkeit von
ca. 0,5 m/s in Fig. 16a bzw.
ca. 3 m/s in Fig. 16b
- 30
- wodurch die erste Chemigraphie (Fig. 16a) im Bereich
laminarer, die zweite Chemigraphie (Fig. 16b) im Bereich
turbulenter Grenzschichtströmung erzeugt worden ist.

E. DoppelpointillisierungBeispiel 12

Dem Sinn und Zweck der Doppel-Pointillisierungstechnik
 5 entsprechend - Ausschluß von Eintauch- und Anfah-
 effekten - wird zur Aufzeichnung der Grenzschriftströ-
 mungen in der Umgebung eines Modell-Voith-Schneider-
 Propellers mit 4 Messern der Schiffsboden des Modell-
 bootes mit doppelt-pointillisiertem Chemigraphie-
 10 Material beklebt, um eine Verzeichnung der Chemigraphie
 beim Eintauchen des Modellbootes und beim Anfahren des
 Propellers auszuschließen.

Chemigraphie-Material: 0,2 mm dicke Al-Folie vom Format
 15 130x210 mm mit ca. 15 µm starker
 GSX-Eloxalschicht gemäß a3) über-
 zogen und durch Pointillisieren
 mit einem Farbpunktraster ent-
 20 sprechend Fig.1a samt Abdeck-
 pasteraster bedruckt. Farb-
 punkt-Durchmesser 0,4 mm, Farb-
 punkt-Höhe ca. 25 µm; Abdeck-
 punkt-Durchmesser 0,7 mm, Höhe
 ca. 60 µm.

25 Farbstoffpaste: gemäß Beispiel 6
 Abdeckpaste: bestehend aus
 56 Gew.T. Saccharose
 4 Gew.T. Methylcellulose
 46 Gew.T. Wasser

30 Durchmesser des
 Propeller-Rotors: 65 mm
 Länge der Propeller-
 Messer: 60 mm
 Flüssigkeitsmedium: Wasser von Raumtemperatur

- 29 - VPA 79 P 7 5 2 6 EUR

Umdrehungsgeschwin-
digkeit des
Propeller-Rotors: >500 U/min
Eintauch- und Anlauf-
5 zeit: ca. 1 min
Expositionszeit
(anschließend) 3 min

Fig. 17 zeigt die Eloxal-Farbschicht-Pointillisierungs-
10 Chemigraphie der Grenzschtströmungen auf dem Schiffsboden und auf der Rotorfläche, wie sie von dem VOITH-SCHNEIDER-Propeller erzeugt werden. An praktisch jeder Stelle der beströmten Fläche ist die Richtung der jeweiligen Grenzschtströmung zu erkennen und daraus
15 auch die Drehrichtung des Propeller-Rotors zu entnehmen. Besonders interessant sind Bereiche rechts und oberhalb des Rotors, wo sich offenbar zwei Hauptströmungsrichtungen durch den gleichmäßig umlaufenden Propeller-Rotor manifestiert haben.

15 Patentansprüche
17 Figuren

Patentansprüche

1. Verfahren zum chemischen Aufzeichnen von Grenzschrift-
strömungen in Flüssigkeiten auf einer anodisch oxidier-
5 ten Aluminiumoberfläche, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , daß in die Flüssigkeit oder gegeben-
enfalls in oder auf die nicht oder nicht vollständig
verdichtete anodisch oxidierte Aluminiumoberfläche eine
in die Eloxalschicht einlagerbare oder adsorbierbare in
10 wäßrigen, nichtwäßrigen, öligen Medien lösliche Substanz
homogen oder pointillisiert, eine nicht kapillaraktive
Schutz- oder Abdeckpaste, ein mit Farbstoffen reagie-
rendes Agens gebracht bzw. aufgebracht werden, die Ober-
flächen mit der Flüssigkeit beströmt und die durch die
15 Grenzschriftströmung in die kapillaraktive Eloxalschicht
eingeschriebene Verfärbung und/oder Konturierung ent-
wickelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
20 k e n n z e i c h n e t , daß ein anodisierfähiger
Aluminiumwerkstoff eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß ein mit anodisierfähigem
25 Aluminium beschichtetes Material eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß ein mit einer selbstkle-
benden anodisierbaren Aluminiumfolie beschichtetes
30 Material eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Flüssigkeit
homogen mit einem von einer farblosen Eloxalschicht ad-
35 sorbierbaren Stoff angefärbt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß eine heiße Hydroxyl-
gruppen enthaltende Flüssigkeit eine farblose Eloxal-
schicht beströmt und letztere anschließend zur Entwick-
5 lung eingefärbt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß eine gefärbte Eloxal-
schicht von einer farblosen Flüssigkeit, enthaltend
10 farbstofflösende, oxidierende oder reduzierende Zusätze
beströmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß eine heiße Hydroxylgruppen
15 enthaltende Flüssigkeit eine gefärbte Eloxalschicht be-
strömt und der Farbstoff aus den nichtverdichteten Ober-
flächenbereichen herausgelöst wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, d a d u r c h
20 g e k e n n z e i c h n e t , daß auf eine farblose
Eloxalschicht Farbstoffdepots aus adsorbierbaren wasser-
löslichen, nichtwasserlöslichen oder öllöslichen Farb-
stoffen aufgebracht werden.

25 10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß auf eine Eloxal-
schicht Agensdepots aus chemisch reaktiven oder physi-
kalisch aktiven Substanzen aufgebracht werden.

30 11. Verfahren nach Anspruch 9 und 10, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Farbstoff- bzw.
Agensdepots mit einer nicht kapillaraktiven Abdeck-
oder Schutzpaste mit einem etwas größeren Durchmesser
überdeckt werden.

12. Abdeck- und Schutzpasten zur Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 11 bestehend aus 50 Gewichtsteilen Saccherose, 4 Gewichtsteilen Methylcellulose und 46 Gewichtsteilen Wasser.

5

13. Abdeck- und Schutzpaste zur Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 11 bestehend aus 2-3 Gewichtsteilen Gelatine, 0,5 Gewichtsteilen Methylcellulose und ca. 60 Gewichtsteilen Wasser.

10

14. Chemigraphiematerialien zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 11 bestehend aus an der Oberfläche anodisiertem, unverdichtetem, farblosem oder eingefärbtem Aluminiumwerkstoff, der mit Farbstoff
15 oder Agensdepots versehen ist, wobei gegebenenfalls diese von Abdeck- oder Schutzpaste überzogen sind.

15. Verwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 11 zum Aufzeichnen von flächenhaften und richtungs-
20 weisenden Grenzschriftströmungen in Maschinen, Apparaturen und Aggregaten.

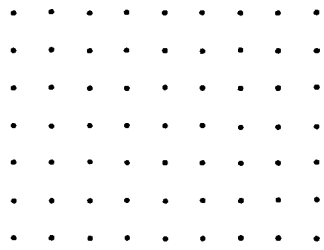


FIG 1A

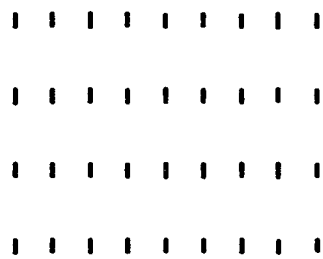


FIG 2A

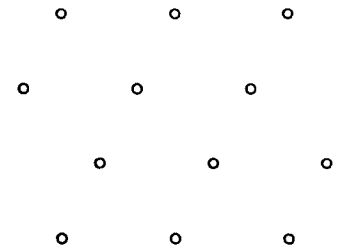


FIG 3A

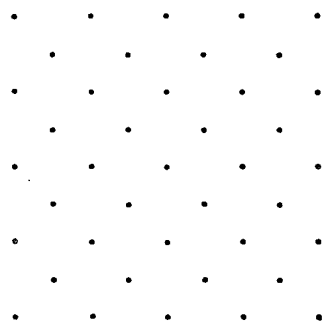


FIG 1B

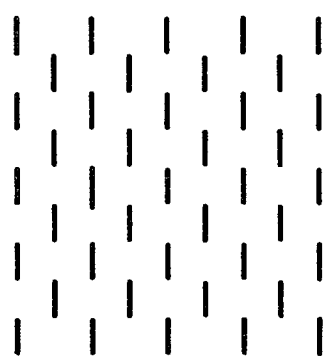


FIG 2B

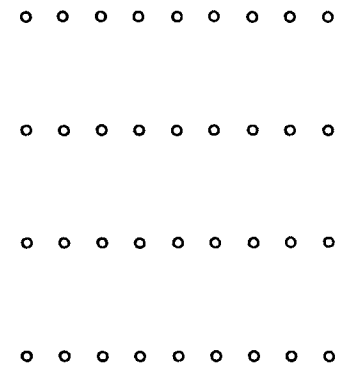


FIG 3B

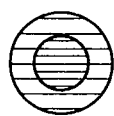


FIG 4



FIG 5

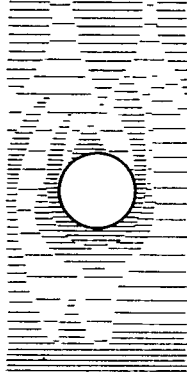


FIG 6

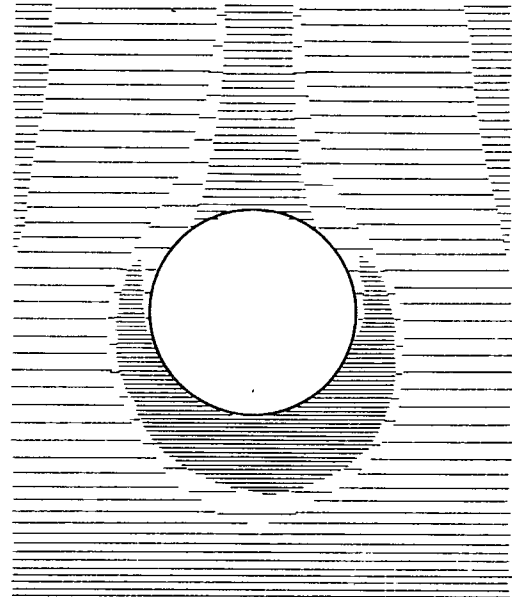


FIG 7

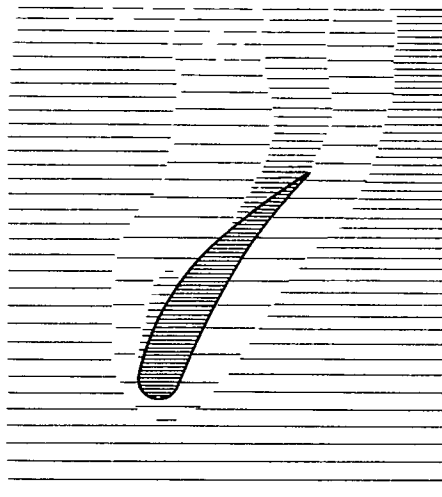


FIG 9

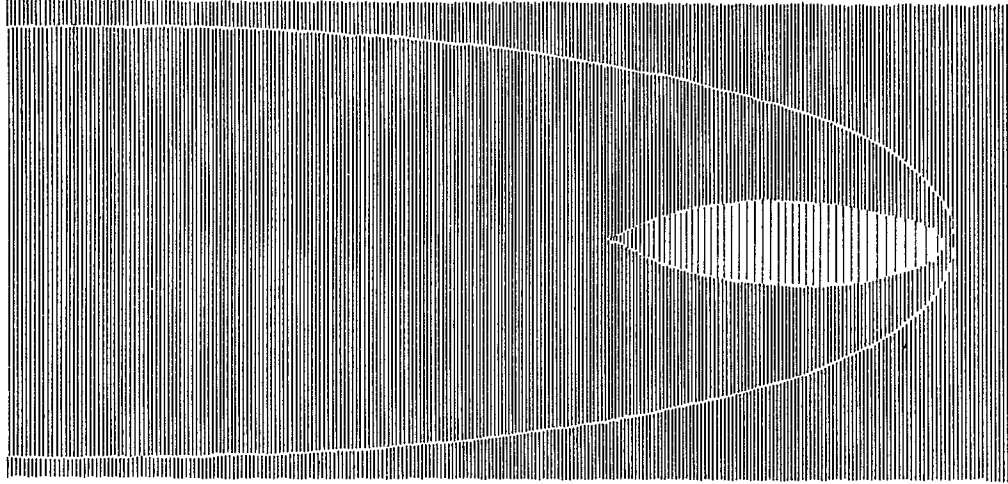


FIG 8A

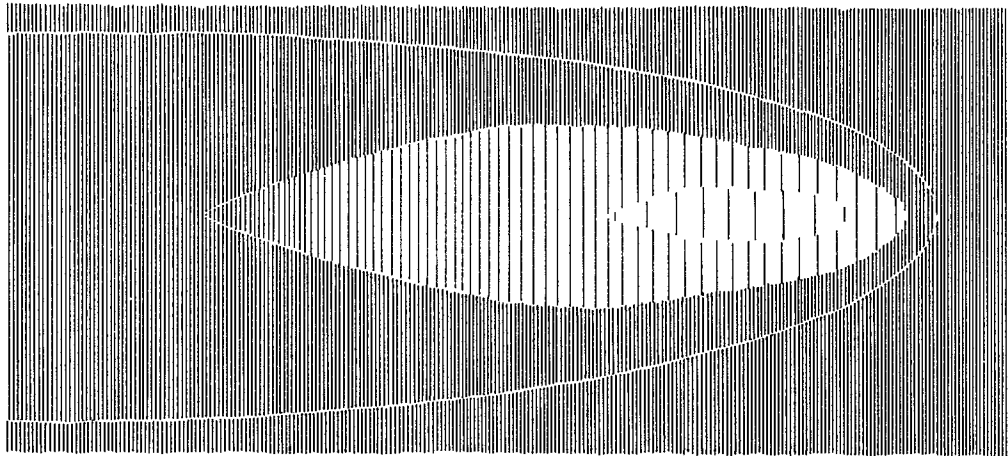


FIG 8B

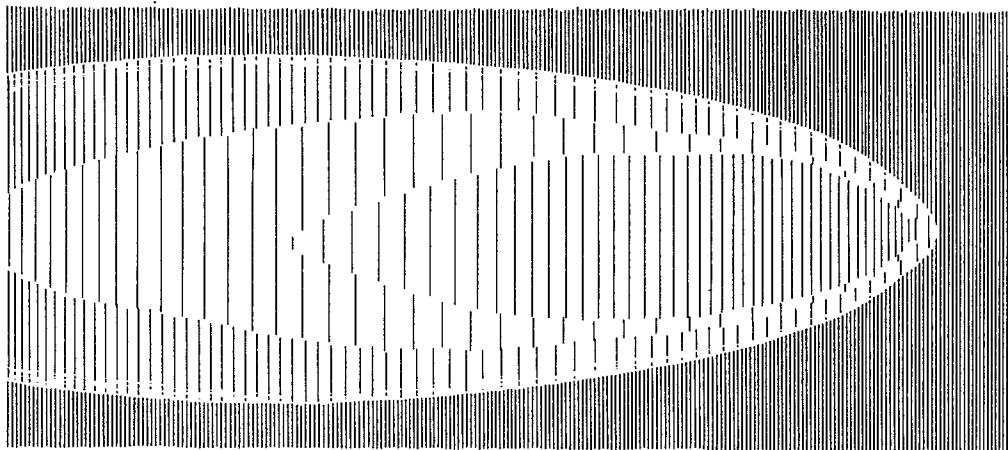


FIG 8C

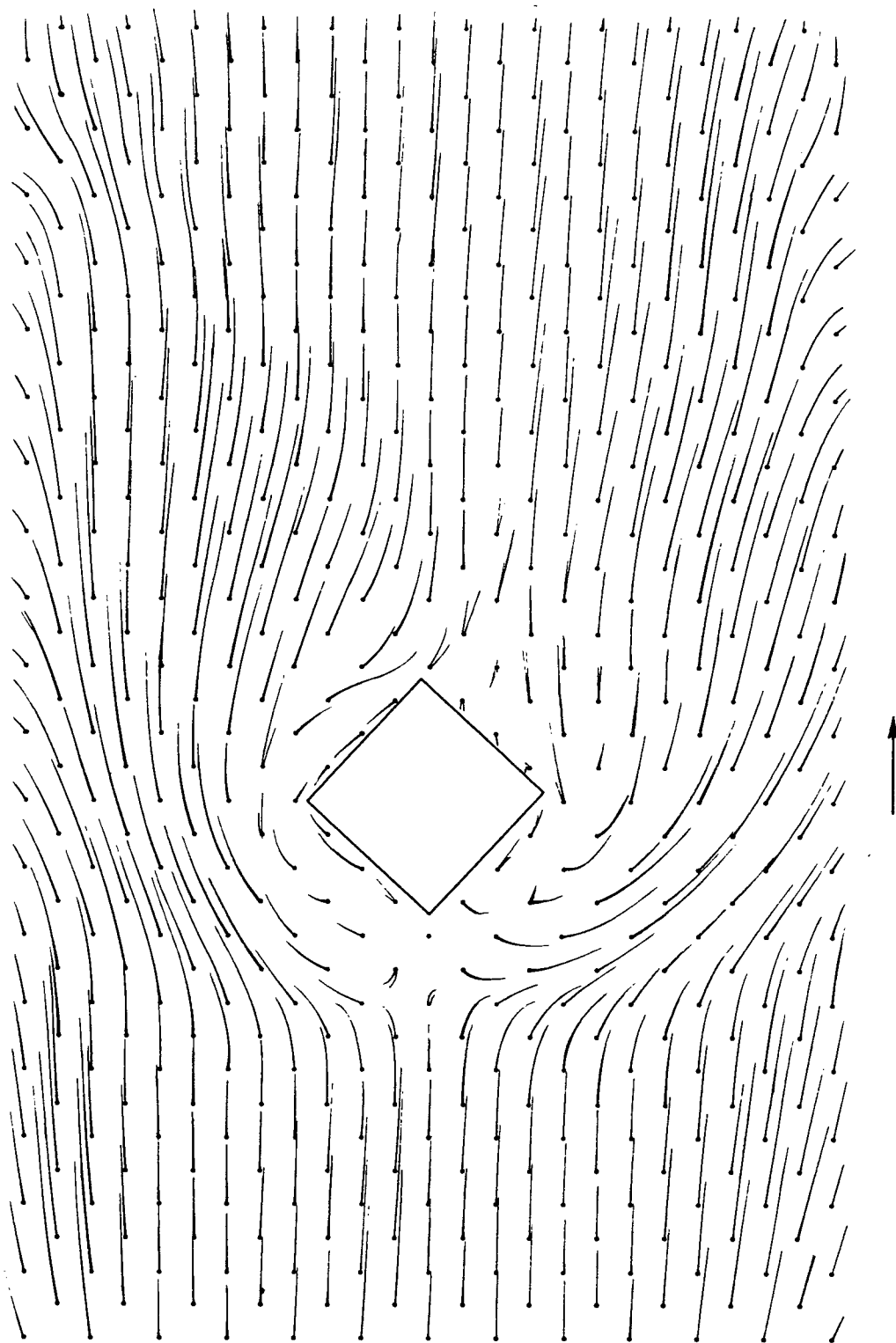


FIG 10

5/8

79 P 7526

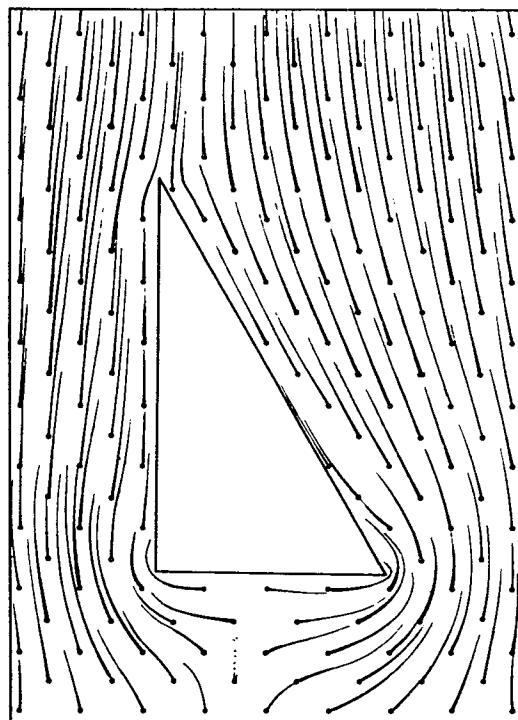


FIG 11

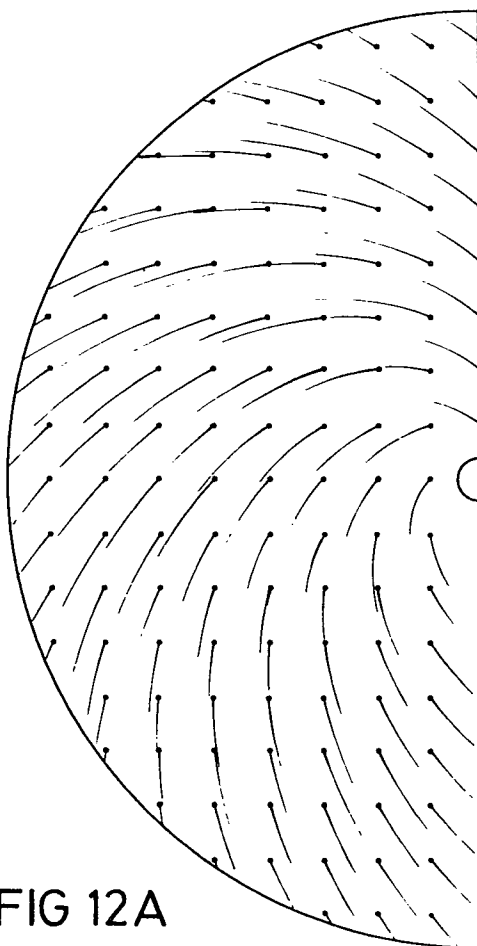


FIG 12A

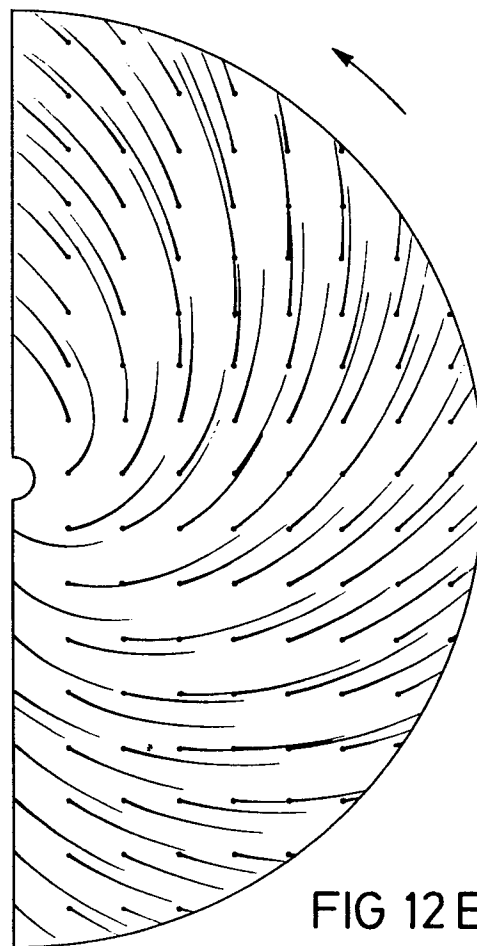
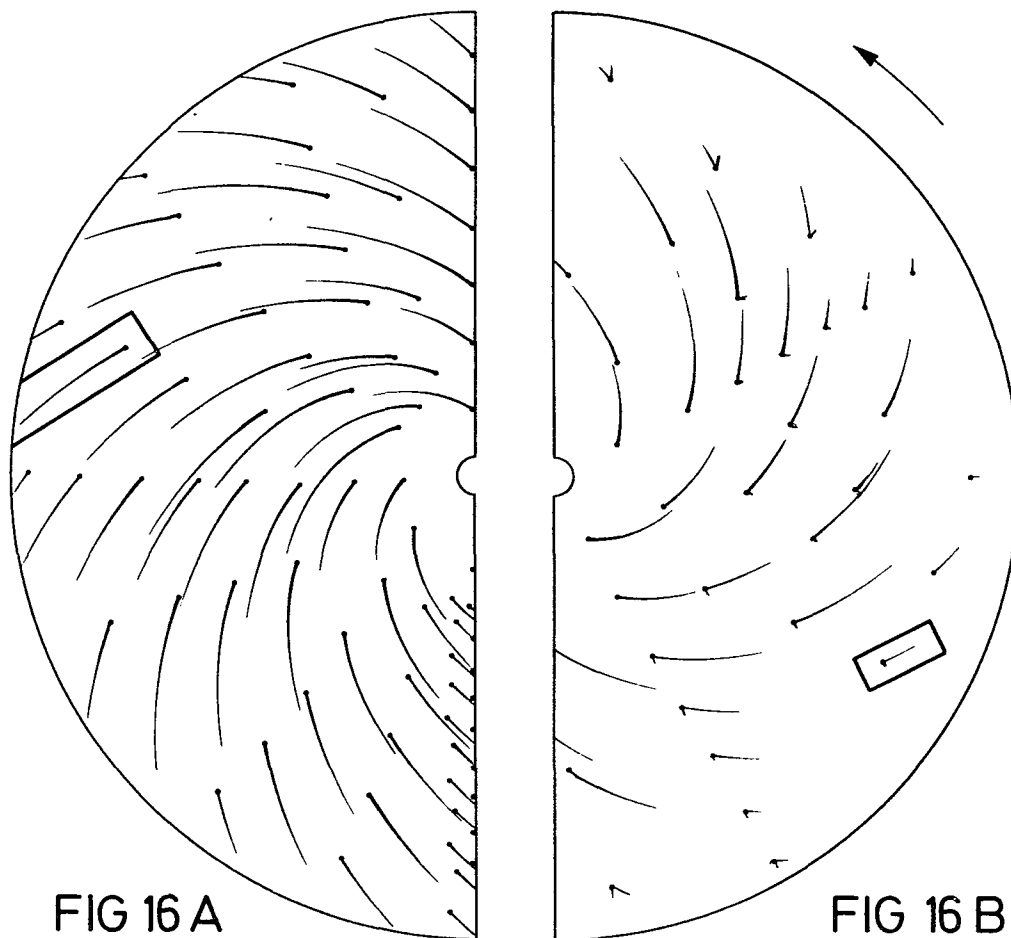
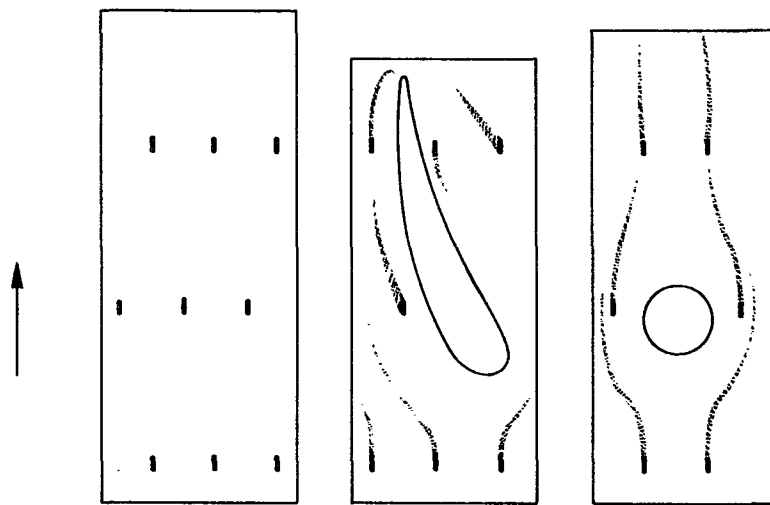


FIG 12B



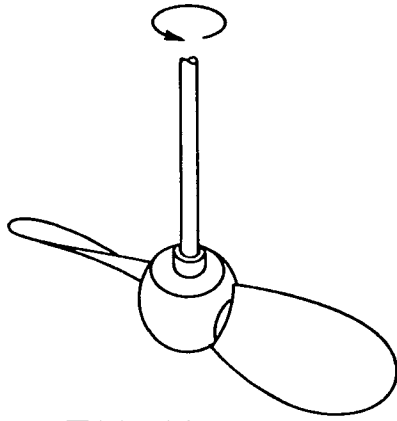


FIG 14

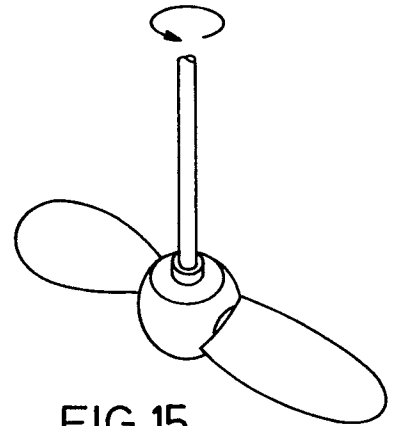


FIG 15

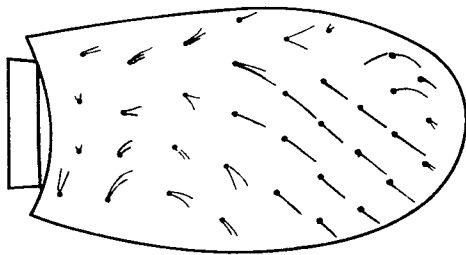


FIG 14 A

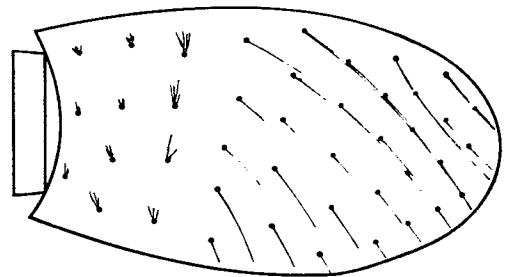


FIG 15 A

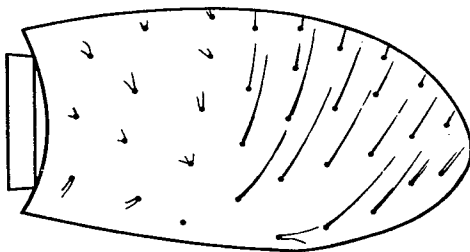


FIG 14 B

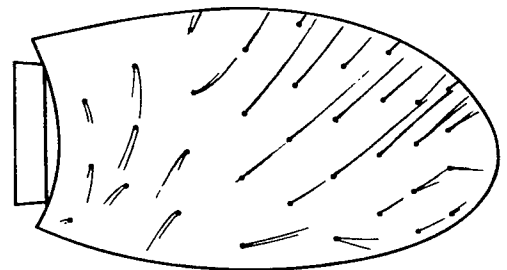


FIG 15 B

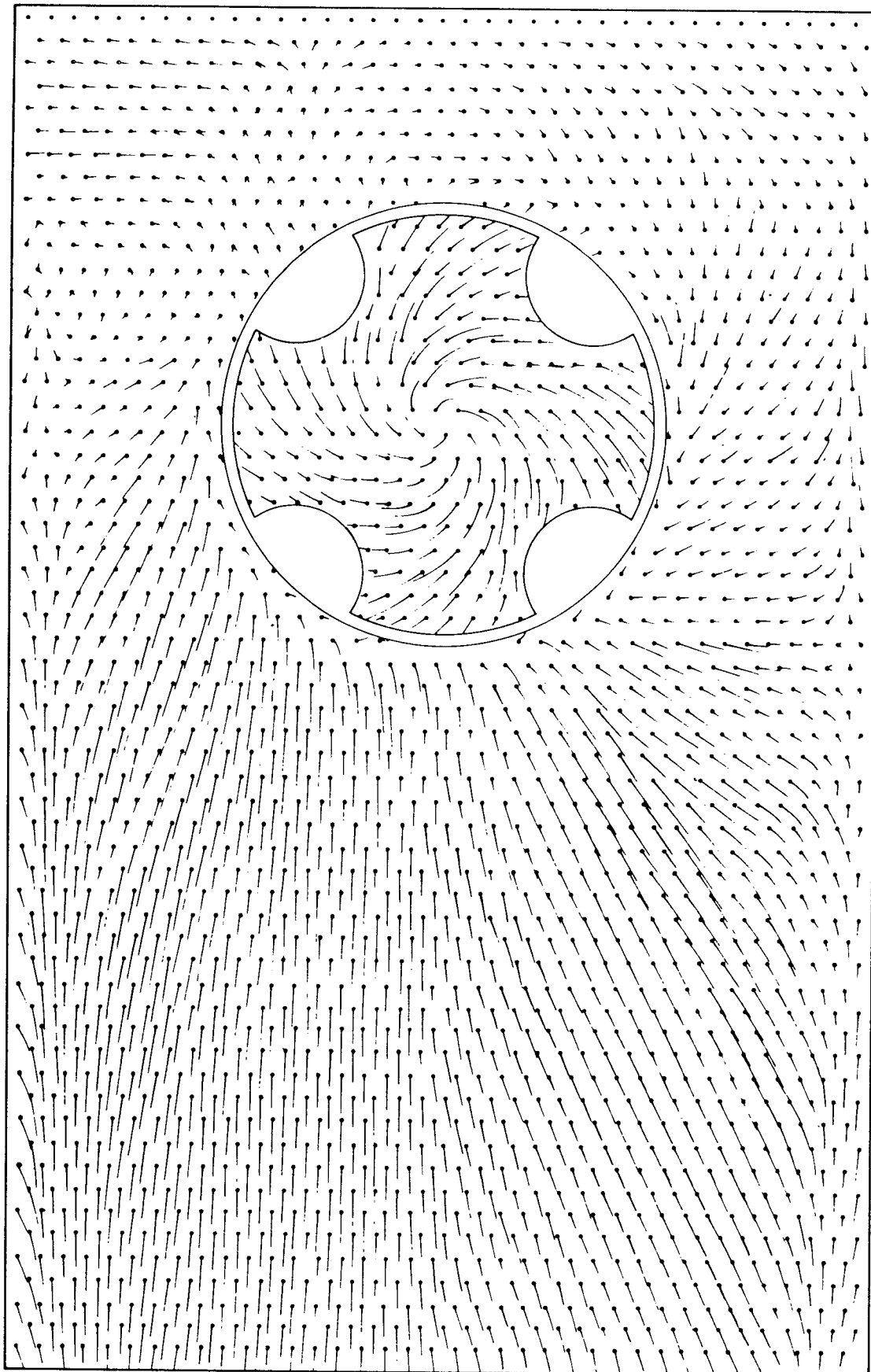


FIG 17



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0022507
Nummer der Anmeldung
EP 80 10 3710

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
CD	DE - B - 2 131 835 (SIEMENS)		C 25 D 11/24 G 01 P 13/00
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.)
			C 25 D 11/18 11/22 11/24 G 01 P 13/00
			KATEGORIE DER GENANTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
☒	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 15-09-1980	Prüfer V. LEEUWEN	