



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: D 06 H 3/10
G 01 N 33/36



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

623 370

⑳ Gesuchsnummer: 12467/77

㉔ Anmeldungsdatum: 12.10.1977

㉓ Priorität(en): 19.10.1976 US 733825

㉒ Patent erteilt: 29.05.1981

㉑ Patentschrift
veröffentlicht: 29.05.1981

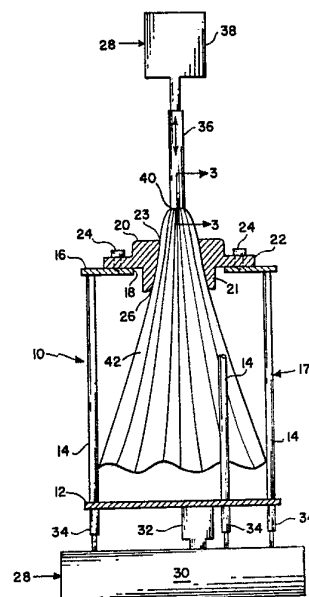
㉑ Inhaber:
National Aeronautics and Space Administration,
Washington/DC (US)

㉒ Erfinder:
Vernon Linn Alley, Jr., Newport News/VA (US)
Austin Devon McHatton, Hampton/VA (US)

㉓ Vertreter:
Fritz Isler, Patentanwaltsbureau, Zürich

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur quantitativen Messung der Handhabbarkeit flexibler Materialien.

⑤⑦ Eine Probe (42) des flexiblen Materials, z.B. eines Gewebes, wird mittels einer Extraktionsstange (36) durch eine konvergierende Düse (20) gezogen. Hierbei wird die zum Ziehen der Probe (42) erforderliche Kraft und die Entfernung gemessen, um welche die Probe (42) durch die Düse (20) gezogen wird. Aus diesen gemessenen Kraft- und Entfernungsdaten sowie aus dem minimalen Querschnitt der Düse (20), dem Verhältnis des Querschnitts der Probe (42) zum Querschnitt der Düse (20) an deren Kehle (23) und den Reibungs- und geometrischen Eigenschaften der Düse (20) wird ein Handhabungsmodul der Probe (42) errechnet. Dadurch wird in einfacher Weise eine numerische, die Handhabbarkeit des flexiblen Materials kennzeichnende Grösse erhalten, welche Einflüsse qualitativer Eigenschaften des flexiblen Materials wie Drapierbarkeit, Flexibilität, Kompressibilität, Faltbarkeit, Streckbarkeit und Biegsamkeit enthält.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur quantitativen Messung der Handhabbarkeit flexibler Materialien, gekennzeichnet durch Messen der Kraft, die erforderlich ist, eine Probe (42; 112) aus flexiblem Material durch eine Düse (20, 54; 74, 122) zu ziehen, durch Messen der Entfernung, um welche die Probe (42; 112) durch die Düse (20, 54; 74, 122) gezogen wird, und durch Errechnen des Handhabungsmoduls der Probe (42; 122) als Funktion der gemessenen Kraft und Entfernungsdaten, des minimalen Querschnittes der Düse (20, 54; 74, 122), des Verhältnisses des Querschnittes der Probe (42; 112) zum Querschnitt der Düse (20, 54; 74, 122) an deren Kehle (23), und der Reibungs- und geometrischen Eigenschaften (N) der Düse (20, 54; 74, 122).

2. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Düse (20, 54; 74, 122), durch eine Einrichtung zum Festhalten der Düse (20, 54; 74, 122), durch eine Einrichtung zum Durchziehen der Probe (42; 112) aus flexiblem Material durch die Düse (20, 54; 74, 122), durch eine Einrichtung zur Bestimmung der Kompressionskräfte auf die Probe (42; 112) aus flexiblem Material durch die Begrenzungsfläche der Düse (20, 54; 74, 122), während die Probe (42; 112) aus flexiblem Material durch die Düse (20, 54; 74, 122) gezogen wird, und durch eine Einrichtung zur Bestimmung des Packungsverhältnisses der Probe (42; 112) aus flexiblem Material in der Düse (20, 54; 74, 122), welches die Verschiebung der Probe (42; 112) aus flexiblem Material gegen die Düse (20, 54; 74, 122) bestimmt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (20, 54; 74, 122) eine konvergierende Düse ist, und dass die Einrichtung, welche eine kreisförmige Probe (42; 112) aus flexiblem Material durch die Düse (20, 54; 74, 122) hindurchzieht, eine Extraktionsstange (36; 98) umfasst, die in der Mitte der kreisförmigen Probe (42; 112) aus flexiblem Material befestigt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung, welche die Düse (74) festhält, eine hohle, zweiteilige, zylindrische Teleskopanordnung (60; 62) umfasst, die von einem Düsenabschnitt (60), an dem die Düse (74) angebracht ist, und einem Handhabungsabschnitt (62) gebildet wird, der konzentrisch und verschiebbar in dem Düsenabschnitt (60) angeordnet ist, und dass die teleskopartig angeordneten Düsen- und Handhabungsabschnitte (60 bzw. 62) mit einer Einrichtung (64, 66, 68; 70, 72) versehen sind, mit welcher die Relativverdrehung dieser Abschnitte verhindert wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung, welche die Kompressionskräfte bestimmt, eine Federeinrichtung (114) umfasst, welche die Probe (112) aus flexiblem Material durch die Düse (74, 122) zieht, und dass die Federeinrichtung mehrere Spiralfedern (114), die mit der Einrichtung verbunden sind, welche die Düse (74, 122) festhält, und eine Messskala (102) umfasst, die an der Einrichtung (98) befestigt ist, welche die Probe (112) aus flexiblem Material durch die Düse (74, 122) zieht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung, welche die Kompressionskräfte bestimmt, eine Skala (102) enthält, an welcher der Reibungskoeffizient zwischen der Probe (112) aus flexiblem Material und der Düse (74, 122) gegen den Handhabungsmodul oder das Handhabungsmodul-Verhältnis aufgetragen ist, und dass die Einrichtung, welche die Düse (74) hält, mit einer Referenzmarke (126) versehen ist, die zusammen mit der Skala (102) zur Auswahl des richtigen Reibungskoeffizienten benutzt wird und zur Ablesung des Handhabungsmoduls oder des Handhabungsmodul-Verhältnisses.

7. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung, welche das Packungsverhältnis bestimmt, auf die Entfernung geeicht ist, die notwendig ist, um Proben (42; 112) aus flexiblem Material unterschiedlicher Dicke so

auszuziehen, dass sich ein bestimmtes, konstantes Packungsverhältnis von ungefähr 0,07 an der Kehle (23) der Düse (20, 54; 74, 122) ergibt.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung der Handhabbarkeit von Geweben und anderen flexiblen Materialien.

Alle Gewebe und ähnliche blatt- bzw. bogenförmigen flexiblen Materialien sind in verschiedenem Ausmass drapierbar, flexibel, kompressibel, faltbar, streckbar, biegsam usw. Diese Eigenschaften sind kollektiv mit dem Begriff «Handhabbarkeit» gemeint. Gute «Handhabbarkeit» ist die subjektive oder qualitative Eigenschaft, die dem Griff bzw. Anfühlen von Stoffen wie Seide, Nylon und Diagonalmaterialien zugeschrieben wird. Materialien mit schlechter «Handhabbarkeit» sind im allgemeinen steif, spröde, brettig oder halbstarr.

Gegenwärtig bleibt die Bestimmung der Gewebe-«Handhabbarkeit» weitgehend subjektiv. Verschiedene gegenwärtig verfügbare Verfahren teilen einer oder zwei Eigenschaften, die zur «Handhabbarkeit» gehören, quantitative Zahlen zu. Kein Verfahren ergibt jedoch eine einzige quantitative Zahl, die für alle diese Qualitäten repräsentativ ist und anhand welcher die «Handhabbarkeit» von einem Material mit derjenigen eines anderen Materials verglichen werden kann.

Die Spezifikationen der American Society Testing Materials (ASTM) betreffen nur zwei Handhabbarkeitstests. Beide sind auf die Materialsteifigkeit über die Wechselwirkung zwischen dem Gewebegewicht und der Gewebesteifigkeit gerichtet. Ein Kragträger-Biegetest und ein Schleifverformungstest werden definiert, die quantitative Masse dafür liefern, wie ein Gewebeträger sich unter seinem eigenen Gewicht ausbiegt und wie eine Gewebeschleife sich aufgrund der Schwerkraft verlängert.

In «Physical Properties of Textile Fibres», diskutieren die Autoren Morton und Hearle nur die Steifigkeit als wichtiger Beitrag zur «Handhabbarkeit». Sie stellen fest, dass bei einem Garn vorgegebener Nummer oder bei einem Gewebe vorgegebenen Flächengewichts aus einem vorgegebenen Rohmaterial der Biege widerstand kleiner wird, um so mehr die Feinheit des Gewebes vergrößert wird. Solange also alle anderen Dinge gleich sind, ist die Handhabbarkeit eines bestimmten Gewebes um so besser, je feiner die Faser ist.

Die Autoren Bosworth und Oliver («The Application of Multiple Factors Analysis to the Assessment of Fabric Handle», 49 Journal Textile Institute, November 1958) erläutern einen subjektiv-objektiven Weg zur Auswertung der Gewebe-Handhabbarkeit. Hier werden Mehrfachproben von einer Gruppe von Leuten beurteilt und eingestuft. Diese subjektive Notengebung wird dann durch Standardtests der Reibungseigenschaften, des Gewichts, der Dicke und der Steifigkeit, gemessen nach den oben beschriebenen ASTM-Tests, der Biegesteifigkeit und des Biegemoduls, der Härte und des Deckfaktors ergänzt. Dieser Test ist zwar umfassender als viele andere; er ist jedoch noch weitgehend subjektiv und führt nicht notwendigerweise zu wiederholbaren Ergebnissen, wenn verschiedene Testpersonen im Spiele sind. Auch können mit diesem Test nicht verschiedene Materialien zu unterschiedlichen Zeiten getestet werden.

In «20 Textile Research Journal 539», beschreiben die Autoren Chu et al ein Drapierungsmeter. Dieses arbeitet mit einer schwerkrafterzeugten, konischen Drapierung bzw. Deformation einer kreisförmigen Gewebeprobe und ordnet dieser ein numerisches Resultat zu. Dabei wird nur einer der verschiedenen Handhabbarkeits-Faktoren berücksichtigt. Daher korrelieren

die Ergebnisse nicht notwendigerweise gut mit den subjektiven Bestimmungen der Handhabbarkeit.

In «Structural Mechanics of Fibres, Yarns and Fabrics, Vol. 1», versuchen die Autoren Hearle, Grosberg und Backer die Handhabbarkeit für Anwendungen im Kleidungssektor als Funktion der Scherung und des Faltenwurfs von Geweben zu analysieren und benutzen dabei das Drapierungsmeter von Chu et al. Soweit die Handhabbarkeit von Kleidungsweben vom Faltenwurf und den Scherungseigenschaften abhängt, funktioniert dieses Verfahren nach Hearle et al. bemerkenswert gut. Wie bei der Veröffentlichung von Chu et al. ignoriert dieses Verfahren jedoch die weiteren Handhabbarkeitsfaktoren und die Ergebnisse korrelieren nicht immer gut mit den subjektiven Messungen. Hearle et al. weisen darauf hin, dass die Drapierung hauptsächlich von der Biegesteifigkeit und dem Scherungswiderstand des Gewebes abhängt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine numerische Grösse, Handhabungsmodul genannt, zu schaffen, mit der die gemessene Handhabbarkeit von Geweben und anderen Materialien ausgedrückt werden kann, wobei der Einfluss solcher qualitativer Eigenschaften enthalten ist, wie der Drapierbarkeit, der Flexibilität, der Kompressibilität, der Faltbarkeit, der Streckbarkeit und der Biegsamkeit.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist das erfindungsgemässe Verfahren die im Patentanspruch 1 angeführten Merkmale auf. Die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Ausführung dieses Verfahrens hat die im Patentanspruch 2 angeführten Merkmale.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen

Fig. 1 die Draufsicht auf ein Labormessgerät für die Handhabung gemäss der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1a die Draufsicht auf eine alternative Düse und Extraktionsstange;

Fig. 2 die Ansicht einer Probe flexiblen Materials, die getestet werden soll;

Fig. 3 einen Schnitt gemäss Linie 3-3 von Fig. 1;

Fig. 4 die Explosionsansicht eines tragbaren Handhabungsmeters gemäss der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4a eine alternative Ausführungsform einer Düse und Skala;

Fig. 5 die perspektivische Ansicht des zusammengebauten Handhabungsmeters von Fig. 4;

Fig. 6 eine typische Kurve des Handhabungsmessgeräts, in der Kraft gegen Verschiebung aufgetragen ist;

Fig. 7 die schematische, abgeschnittene Ansicht einer Düse für ein Handhabungsmessgerät.

Das Gerät 10 in Fig. 1 umfasst eine kreisförmige Grundplatte 12 mit drei Beinen 14, die sich nach oben erstrecken. Die obere Platte 16 ist ebenfalls kreisförmig und an den Beinen 14 so befestigt, dass sie sowohl parallel als auch konzentrisch zur Grundplatte 12 ist. Die Grundplatte 12, die Beine 14 und die obere Platte 16 bilden den Geräterahmen, der insgesamt mit der Bezugzahl 17 bezeichnet ist. Die obere Platte 16 ist mit einer konzentrischen Kreisöffnung 18 versehen. Diese gibt der Düse 20 Raum, die abnehmbar dort so montiert ist, dass ihre Schürze 21 durch die Ebene der oberen Platte 16 nach unten verläuft. Die Düse 20 ist abnehmbar mittels eines Flansches 22 und mit Kopfschrauben 24 an der oberen Platte 16 befestigt. Die Düse 20 ist eine konvergierende Düse mit einem kreisförmigen Querschnitt. Sie ist so montiert, dass ihr kleinster Durchmesser, ihre Kehle 23, bezogen auf die Grundplatte 12 oben liegt. Jedes geeignete starre Material, beispielsweise Stahl, Aluminium, Edelstahl oder Fluorkohlenstoffpolymer (PTFE) kann beim Bau der Düse 20 verwendet werden. Die Innenfläche 26 sollte jedoch auf hohe Güte poliert oder sonst so behandelt sein, dass die Reibung minimalisiert ist. Entsprechend kann der Rahmen 17

aus jedem geeigneten Stoff, beispielsweise Stahl, Aluminium oder Edelstahl hergestellt sein. Es kann auch jede beliebige Anzahl von Füßen 14 verwendet werden. Drei Füße werden jedoch vorgezogen, da bei dieser Zahl der Messvorgang am wenigsten gestört wird, gleichzeitig aber die erforderliche Strukturstarre erzielt wird.

Ein herkömmliches Labortestgerät für die Beziehung von Last und Verschiebung, beispielsweise ein Instron-Gerät 28 ist zur Durchführung des Messzyklus vorgesehen und liefert die Daten von Last und Verschiebung. Der Rahmen 17 ist auf dem unteren Querträger 30 des Instron-Gerätes 28 über einen herkömmlichen Instron-Sockel 32 montiert, der fest an der Grundplatte 12 befestigt ist. Drei axial einstellbare Fusszapfen sind an der Grundplatte 12 befestigt und erstrecken sich von dieser nach unten; sie liegen gegen den Querträger 30 an. Die Fusszapfen 34 richten den Rahmen 17 aus und geben diesem gegenüber dem Querträger 30 eine Vorlast. Dadurch wird eine sichere Verbindung gewährleistet. Die Proben-Extraktionsstange 36 ist auf der Instron-Lastzelle 38 montiert, wobei ihre Achse konzentrisch zur Düse 20 ist. Wenn die Lastzelle 38 betätigt wird, kann die Extraktionsstange 36 von der unteren Stellung, in welcher das Ende 40 von der Oberseite der Düse 20 entfernt ist, über eine Entfernung bewegt werden, die grösser als die Länge der Rahmenbeine 14 ist.

Fig. 2 zeigt eine kreisförmige Gewebeprobe 42, in deren Mittelpunkt bzw. Ursprung ein Loch 44 eingestanz ist. Dadurch wird die Befestigung an der Extraktionsstange 36 erleichtert. Der Radius Z der Probe 42 ist kleiner als die Länge der Rahmenbeine 14. Dadurch werden Knickungen und andere, zu vermeidende Faltungen verhindert, die auf dem störenden Einfluss der Grundplatte 12 beruhen. Solche Knickungen könnten unnötige Abweichungen im Messverfahren der Extraktionskraft hervorrufen.

Das untere Ende 40 der Stange 36 in Fig. 3 besitzt einen konkaven Rücksprung 46, eine Gewindebohrung 48, eine konvexe Unterlagscheibe 50 und eine Kopfschraube 52, womit die Probe 42 in der dargestellten Weise befestigt wird.

Eine weitere Düse und Extraktionsstange, die vollständig gegen die Düse 20 und die Extraktionsstange 36 austauschbar sind, sind vorgesehen, um die gültige Zone der Testergebnisse zu verifizieren und Testproben unterschiedlicher Dicke verarbeiten zu können. Die zusätzliche Düse ist eine masstäbliche Version der Düse 20, d.h., beide Düsen haben geometrisch ähnliche Konturen, wobei jedoch der minimale Querschnitt bzw. die Kehlzzone der zusätzlichen Düse grösser ist als diejenige der Düse 20.

Um eine gleichförmigere Extraktion sicherzustellen, sind die Düsen 20 und 54 mit Extraktionsstangen 36 bzw. 56 versehen, die an die entsprechenden Kehlgrossen angepasst sind. Die Stangen 36 und 56 besitzen eine solche Durchmessergrösse, dass sie frei mit einer angehefteten Probe die entsprechenden Düsenkehlen passieren können.

Das Instron-Gerät 28 bewirkt die nach oben gerichtete Axialbewegung der Extraktionsstange 36, die notwendig ist, um die Probe 42 durch die Düse 20 zu ziehen. Es misst sowohl die Extraktionskraft, die erforderlich ist, als auch die axiale Verschiebung des Probenursprungs, bezogen auf die Kehle 23 der Düse 20.

Eine alternative, tragbare Ausführungsform 58 des Handhabungsmeters ist in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Das Gehäuse ist eine hohle, zweiteilige, zylindrische Teleskopanordnung, die einen Düsenabschnitt 60 und einen hierin verschiebbar angeordneten Handhabungsabschnitt 62 umfasst. Die Abschnitte 60 und 62 weisen axiale Schlitz 64 bzw. 66 auf, die aufeinander ausgerichtet sind, wenn die beiden Abschnitte zusammengebaut sind. Um eine Relativverdrehung der beiden Abschnitte zu verhindern, weist der Schlitz 66 zwei Laschen 68 auf, die gleitend in den Schlitz 64 eingreifen. Auch der Schlitz 64 ist

mit einer Lasche 68 versehen, die nach dem Zusammenbau auf die Oberfläche des Düsenabschnitts 60 gebogen wird. Dadurch wird eine Trennung beim maximalen, axialen Ausfahren verhindert.

Eine alternative Vorkehrung, mit der die Relativverdrehung und die axiale Trennung der Abschnitte 60 und 62 verhindert werden, ist in Fig. 5 gezeigt. Hier ist der Handhabungsabschnitt 62 mit einem zweiten axialen Schlitz 70 versehen. Eine Stellschraube 72 ist im Düsenabschnitt 60 eingeschraubt und erstreckt sich so durch diesen, dass er gleitend in den Schlitz 70 eingreift.

Die Düse 74 ist abnehmbar auf dem Düsenabschnitt 60 im Reibungssitz oder in anderer Weise befestigt, wobei ihr maximaler Durchmesser nach aussen zeigt. Die innere Düsenfläche 76 sollte auf hohe Güte poliert oder in anderer Weise so behandelt sein, dass die Reibung auf ein Minimalmass herabgesetzt ist.

Der Handhabungsabschnitt 62 ist mit einem Boden 78 versehen, in dem sich ein konzentrisches Kreisloch 80 befindet. Dieses nimmt eine Schulterbuchse 82 auf, die aus PTFE oder einem anderen, geeigneten, reibungsarmen Material hergestellt ist, und wird von der Innenseite her so montiert, dass der Flansch 84 gegen die Innenfläche des Bodens 78 anliegt und der Zylinderkörper 86 der Buchse vom Loch 80 nach aussen ragt.

Der Buchsen-Zylinderkörper 86 weist zwei diametral gegenüberliegende Rastnuten 88 auf. Eine Handgriff-Einrichtung 90 erfasst den vorragenden Teil des Buchsen-Zylinderkörpers 86 und hält die Buchse 82 fest.

Die Handgriffeinrichtung 90 umfasst einen Kragen 92, zwei Finger-Greifzapfen 94 und zwei diametral gegenüberliegende, unter Federlast stehende Rastzapfen 96. Wenn der Kragen 92 über den Buchsen-Zylinderkörper 86 geschoben wird, greifen die Rastzapfen 96 in die Nuten 88 ein. Der Kragen 92 ist am Buchsen-Zylinderkörper 86 in axialer Richtung fest, jedoch gegenüber dem Zylinderkörper 86 über einen Bogen von ungefähr 30° frei verdrehbar. Wenn versucht wird, den Kragen über den freien Bewegungsbogen von 30° hinauszu drehen, beginnen sich die Rastzapfen 96 aus den Rastnuten 88 herauszubewegen, wodurch der Buchsen-Zylinderkörper 86 radial nach innen gedrückt wird.

Die Stange 98 ist verschiebbar in der Buchse 82 konzentrisch angeordnet. Sie besitzt eine Skalenverlängerung 100, die in ihr Handgriffende eingeschraubt ist. Die Skalenverlängerung 100 weist kleineren Durchmesser auf als die Stange 98 und ist mit einer zylindrischen Kraftmesskala 102 und einem gerändelten Knopf 104 ausgestattet. Der Aussendurchmesser der Skala 102 ist kleiner als der Innendurchmesser der Buchse 82. Die Stange 98 ist ausserdem mit einer fest montierten Schub-Unterlagscheibe versehen, welche die nach aussen gerichtete Axialbewegung der Extraktionsstange gegenüber dem Handhabungsabschnitt 62 begrenzt.

Eine Indikatorscheibe 108 ist fast an der Extraktionsstange 98 montiert und besitzt eine Indikatorzunge 109, die radial durch den Schlitz 64 im Düsenabschnitt 60 hervorragt. Die Zunge 109 ist aus PTFE oder ähnlichem Material hergestellt, wodurch die Reibung im Schlitz 64 minimalisiert wird. Sie dient zur Anzeige der Relativverschiebung der Extraktionsstange 98 gegenüber der Kehle der Düse 74. Das Düsenende der Extraktionsstange 98 ist mit einem konkaven Rücksprung, einer konvexen Unterlagscheibe und einer Probenschraube versehen, die den in Fig. 3 gezeigten entsprechen. Hiermit wird eine Testprobe befestigt.

Zwei Messfedern für die Extraktionskraft sind mit einem Ende an der Indikatorscheibe 108 und mit dem anderen Ende bei den Löchern 118 am Buchsenflansch 84 befestigt. Die Zapfen 116 werden so eingestellt, dass die Extraktionsstange 98 gegenüber der Düse 74 auf 0 gebracht wird, wenn sich das Handhabungsmeter in Ruhe befindet und ihr Ende in der selben Ebene wie die Düsenkehle liegt. Die Federn 114 dienen als

Skalierungsfedern und messen die Kraft, die notwendig ist, eine Gewebeprobe durch die Düse zu ziehen. Demzufolge muss ihre Federrate bekannt und die Skala 102 entsprechend geeicht sein.

Eine zusätzliche Düse 122 (Fig. 4a) ähnlicher Geometrie wie die Düse 74, jedoch mit grösserer Kehlzone und einer zusätzlichen Skala 124 ist zum Testen von Proben mit grösserem Gewicht vorgesehen. Wenn eine grosse Vielzahl von Materialien getestet werden soll, kann es notwendig werden, weitere Federn zu verwenden. Hierdurch würde für jede Feder-Düsenkombination eine weitere Skala erforderlich.

Die Kraft-Messkala 102 besitzt ein spiralförmiges Muster; dabei ist der Reibungskoeffizient (μ) zwischen Probe 112 und Düse 74 auf dem Umfang gegen den Handhabungsmodul (H) aufgetragen; letzterer ist axial aufgetragen. Alternativ hierzu kann das Handhabungs-Modulverhältnis ($H/\bar{H}$) axial anstelle des Handhabungsmoduls aufgetragen werden. Bei der Eichung der Skala 102 wird die Extraktionskraft, wie unten näher erläutert, in den Handhabungsmodul bzw. das Handhabungsmodul-Verhältnis umgewandelt. Die Skala 102 wird an einer Referenzmarkierung 126 der Buchse 82 abgelesen, wie ebenfalls unten erläutert wird.

In der Nähe des Düsenabschnittschlitzes 64 sind Verschiebungsskalen 128 und 130 vorgesehen; diese werden mittels der Indikatorzunge 109 abgelesen. Die Skalen 128 und 130 werden auf die Verschiebung des Extraktionsstangenendes 120 gegenüber der Kehle der jeweiligen Düse, die bei einer vorgegebenen effektiven Probendicke verwendet wird, so geeicht, dass sich ein Kehlen-Packungsverhältnis von 0,07 ergibt.

Das Packungsverhältnis an der Düsenkehle (P_0) ist als das Verhältnis des Probenquerschnitts zum Düsenquerschnitt an der Kehle der Düse definiert. Offensichtlich wird für jede verwendete Düse eine eigene Skala benötigt. Die Skala 128 ist somit auf die Verwendung mit der Düse 74 und die Skala 130 auf die Verwendung mit der Düse 122 geeicht.

Zum Betrieb der Ausführungsform nach Fig. 1 wird die Gewebetestprobe 42 an der Extraktionsstange 36 so befestigt, dass sie in im Wesentlichen konischer Form durch die Düse 20 durchhängt. Die Stange 36 wird dann so positioniert, dass sich ihr Ende 40 in der selben Ebene wie die Düsenkehle 23 befindet. Dabei wird die Verschiebungsskala des Instron-Gerätes 28 auf 0 gestellt. Die Lastzelle 38 wird dann aktiviert und extrahiert die Probe 42 nach oben durch die Düse 20. Währenddessen werden die Extraktionskraft und die Stangenverschiebung gleichzeitig gemessen. Wenn die Ergebnisse verifiziert werden sollen, kann der gesamte Vorgang unter Verwendung der Düse 54 und der Extraktionsstange 56 wiederholt werden.

Nach Abschluss beider Extraktionsprozesse werden die resultierenden Kraft-Verschiebungsdaten, wie in Fig. 6 gezeigt, aufgetragen. Die Kurve 132 zeigt die Ergebnisse unter Verwendung der kleineren Düse 20; die Kurve 134 zeigt die Ergebnisse bei Verwendung der grösseren Düse 54. Zur Illustration der Extraktionsphänomene wurde die Kurve 132 folgendermassen in 5 Phasen eingeteilt: Phase I ist eine Anfangsphase, in der die Probe 42 erstmals in die Düse 20 gezogen und gegen die Düsenwand gepresst wird; Phase II ist der gültige Teil der Testdaten, wo die Kurve linear ist und die Probe 42 sich in voller Berührung mit der Gesamtheit der Düsenwand befindet; Phase IIA zeigt ein Aufbauschphänomen, bei dem sich die Schürze der Probe 42 zu ballen beginnt und sich Scherungskräfte entwickeln, die zu höheren Extraktionskräften führen; Phase III tritt auf, wenn die Probe 42 nicht mehr vollständig in Berührung mit der Düsenwand ist; Phase IV zeigt den abrupten Austritt der Probe aus der Düsenkehle. Die Kurve 134 weist die selben allgemeinen Phaseneigenschaften auf.

Es ist zu beachten, dass die Steigung der Kurve 132 in der Zone der Phase II praktisch identisch mit der Steigung der entsprechenden Zone der Kurve 134 ist. Die beiden Kurven fallen teilweise zusammen. Dieses Zusammenfallen der Steigung defi-

niert die Zone der Kraft-Verschiebungskurven, die zur Handhabungsmessung verwertbar ist. Es beweist ausserdem, dass die Handhabungsmodul-Messung unabhängig von der Skala der verwendeten Düsen innerhalb des auswertbaren Testbereiches ist.

Wenn die Kraft-Verschiebungsdaten aufgenommen sind, wird die gemessene Handhabbarkeit der Probe 42 in einem Koeffizienten ausgedrückt, der «Handhabungsmodul» genannt wird und die Dimension Kraft/Flächeneinheit aufweist. Der Handhabungsmodul ist eine Funktion der Extraktionskraft, der Kehlzone der verwendeten Düse, des Packungsverhältnisses der Probe innerhalb der Düsenkehle und der reibungs- und geometrischen Eigenschaften der Düse. Der Handhabungsmodul kann mathematisch folgendermassen ausgedrückt werden:

$$H = \frac{1}{A_o N} \frac{dF}{dP_o} = \frac{1}{2N t_e} \frac{dF}{dh}$$

H = Handhabungsmodul (Kraft/Flächeneinheit)

A_o = Fläche der Düsenkehle

F = Extraktionskraft

P_o = Packungsverhältnis an der Düsenkehle

N = Summe der Reibungs- und geometrischen Eigenschaften der Düse, (dimensionslos) = N₁ + μN₂

t_e = effektive Dicke der Probe 42 =

$$\frac{\text{wahres Volumen der Probe}}{\text{Fläche}}$$

h = Extraktionsentfernung der Probe 42 aus der Ebene der Düsenkehle.

Die Rohdaten, die also aus dem Extraktionsvorgang benötigt werden, sind also dF/dh, die Steigung der Kraft-Verschiebungskurve. Beim tragbaren Handhabungsmeter wird dF/dh durch F/h angenähert. Ein Illustrationsbeispiel: eine Probe aus unüberzogenem Nomex-Gewebe mit einer effektiven Dicke (t_e) von 59,1 μm wurde durch eine Düse mit einem Kehlenradius von 5 cm gezogen und ergab eine Extraktionskraft von 6,08 N bei einer Extraktionsverschiebung von 10 cm. Wird dies in die obige Formel eingesetzt, ergibt sich ein Handhabungsmodul von 4,49 N/cm².

Das Packungsverhältnis an der Düse P_o kann folgendermassen ausgedrückt werden:

$$P_o = \frac{2 \left(\frac{d}{2} + h \right) t_e}{r_o}$$

d = Durchmesser der Extraktionsstange
r_o = Radius der Düsenkehle.

Was die Düseneigenschaft N = N₁ + μN₂ angeht, so ist N₁ derjenige Teil der Düseneigenschaft, der nicht von Reibung, wohl aber von der Düsengeometrie abhängt, und N₂ ist derjenige Teil der Düseneigenschaft, der von der Reibung zwischen Düse und Probe abhängt. Der Reibungskoeffizient μ zwischen Düsenfläche und Probe wird am besten experimentell bestimmt oder bestehenden Reibungskoeffiziententabellen entnommen. Fig. 7 zeigt die Düsenparameter, die zur Errechnung von N nach folgender Formel erforderlich sind:

$$N_1 = 2 \left[\frac{1}{1 + \frac{r_o}{R}} \ln \frac{1 + \frac{r_o}{R} - \cos \beta}{\frac{r_o}{R} \cos \beta} + \frac{1}{\cos \beta} \ln \frac{s_2}{s_1} \right]$$

R = Radius des Düsenrings an der Düsenkehle

β = Halber Düsenkonuswinkel (rad)

s₁ = Entfernung zwischen Düsenkonusscheitel und kleinem Konusende

s₂ = Entfernung zwischen Düsenkonusscheitel und grossem Düsenende.

Dabei ist weiter:

$$N_2 = 2 \left[\frac{1}{\sin \beta} \ln \frac{s_2}{s_1} + \frac{2}{\sqrt{\left(2 + \frac{r_o}{R}\right) \frac{r_o}{R}}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{2 + \frac{r_o}{R}}{\frac{r_o}{R}}} \tan \frac{1}{2} \beta \right) \right]$$

Die charakteristischen N₁ und N₂ hängen nicht vom Masstab der Düse, sondern von den geometrischen Eigenschaften des Düsenringes und der Komponenten des Kegelstumpfes ab.

Das erfindungsgemässe Gerät kann ausserdem dazu verwendet werden, relative Handhabbarkeitsdaten zu bestimmen. Dies geschieht dadurch, dass der Handhabungsmodul einer bestimmten Probe mit demjenigen eines Referenzmaterials verglichen wird. Relative Handhabbarkeitsdaten können als dimensionsloses Verhältnis ausgedrückt werden, beispielsweise als H/H̄. Hierbei stellt H̄ den Handhabungsmodul eines Referenz-

materials dar. Ein empfohlenes Referenzmaterial ist Nylon-Fallschirmtuch mit 37 g/m² spezifiziert als MIL-C-70205. Der Handhabungsmodul dieses Materials ist 2,17 N/cm² (3,15 lbs/in²).

Ein Vorteil des Verfahrens mit dem Handhabungsmodulverhältnis besteht darin, dass die Düsengrösse N nicht für jede Düse analytisch bestimmt werden muss. Man braucht nur das Referenzmaterial zu extrahieren und die Extraktionskraft zu bestimmen und danach die Handhabungsmodul-Gleichung nach N aufzulösen. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens mit dem

Handhabungsmodul-Verhältnis besteht darin, dass das Handhabungsmodul-Verhältnis eines Testmaterials direkt aus dem Vergleich der Extraktionskraft-Verschiebungsdaten für das Testmaterial (d.h., Steigungen dF/dh) mit den Extraktionskraft-Verschiebungsdaten für Referenzmaterial bestimmt werden kann.

Die tragbare Ausführungsform des Handhabbarkeitsmeters lässt sich sowohl zur direkten Bestimmung des Handhabungsmoduls als auch zur Bestimmung des Handhabungsmodul-Verhältnisses verwenden. Im Betrieb wird die Testprobe 112 auf 0 gebracht, indem die Zapfen 116 so eingestellt werden, dass das Ende der Stange sich in der selben Ebene befindet wie die Kehle der Düse 74, ohne dass auf den Federn 114 Spannung ist. Die den Federn und der verwendeten Düse entsprechende zylindrische Skala wird dann auf die Skalenverlängerung 100 aufgebracht. Der Reibungskoeffizient μ zwischen der Probe 112 und der Oberfläche 76 der Düse 74 wird durch einen Versuch oder durch Befragen einer Reibungskoeffiziententabelle bestimmt. Die zylindrische Skala 102 wird dann verdreht, bis der richtige Reibungskoeffizient der Referenzmarke 126 gegenüber liegt; dann wird die Skala durch den Rändelknopf 104 verriegelt.

Die effektive Dicke t_e der Probe wird am besten nach der Luftverdrängungsmethode unter Verwendung eines Psychometers bestimmt oder einer Tabelle charakteristischer Materialdicken entnommen. Wenn die effektive Dicke bekannt ist, wird die Probe 112 durch die Düse 74 extrahiert, indem an der Handgriffeinrichtung 90 gezogen wird, bis die Indikatorzunge 109 auf die auf die Skala 128 aufgedruckte effektive Probendicke ausgerichtet ist. Wenn die Indikatorzunge 109 auf die effektive Dicke der zu testenden Probe ausgerichtet ist, ist ein konstantes Packungsverhältnis in der Kehle der Düse 74 erreicht, unabhängig von der Probendicke. Vorzugsweise ist die Skala 128 so geeicht, dass sich ein Packungsverhältnis von 0,07 ergibt.

Die Skala 130 ist in ähnlicher Weise zur Verwendung mit der Düse 122 geeicht. Wenn die Indikatorzunge 109 auf die effektive Dicke der Probe 112 auf der Skala 128 ausgerichtet ist, wird die Handgriffeinrichtung 90 verdreht. Dadurch wird der Buchsen-Zylinderkopf 86 auf der zylindrischen Skala 102 verriegelt. Der Handhabungsmodul wird von der axialen Koordinate an der Referenzmarke 126 abgelesen.

Die axialen Koordinaten der zylindrischen Skalen 102 und 124 können nach der folgenden Gleichung so geeicht werden, dass sich eine direkte Ablesung des Handhabungsmodul-Verhältnisses ($H/\bar{H}$) ergibt:

$$H \cong \frac{K \Delta \left(1 + \frac{5}{4} \frac{r_{01}}{L} \right)}{A_{0n} P_0 N_1 \left(1 + \mu \frac{N_2}{N_1} \right)}$$

- K = kombinierte Federrate der Federn 114
 = Verlängerung der Federn 114 und Verschiebung gegenüber der zylindrischen Skala
 P₀ = Packungsverhältnis = 0,07
 N₁ = charakteristische geometrische Düsengröße
 N₂ = charakteristische Reibungs-Düsengröße
 A_{0n} = Kehlenfläche der Düse, für die die Eichung erfolgt ist
 r₀₁ = Kehlenradius der kleinsten Düse, die bei einem bestimmten Handhabbarkeitsmeter verwendet werden soll
 L = maximaler Hub des Handhabbarkeitsmeters und maximale Verschiebung der Extraktionsstange gegenüber der Düsenkehle.

Die oben aufgeführte Eichgleichung gilt nur für diejenigen Situationen, in denen der Durchmesser der Extraktionsstange (d), geteilt durch den Kehlenradius der kleinsten verwendeten Düse, kleiner oder gleich eins ist, und in denen die effektive Dicke der Probe zwischen die folgenden Grenzwerte fällt:

$$t_{e(\min.)} = \left(\frac{\frac{P_0}{2}}{\frac{L}{r_{0n}} + \frac{r_{01}}{2r_{0n}}} \right) \frac{1}{r_{0n}}$$

$$t_{e(\max.)} = \left(\frac{\frac{P_0}{2}}{\frac{L}{4r_{0n}} + \frac{r_{01}}{2r_{0n}}} \right) \frac{1}{r_{0n}}$$

r_{0n} = Kehlenradius der Düse, bei der die geeichte Skala verwendet wird.

Diese Gleichungen stellen eine Näherung dar, deren Fehler unter -4% liegt. Falls gewünscht, kann jedoch der exakte Handhabungsmodul nach der folgenden Gleichung errechnet werden:

$$H = \frac{K \Delta}{A_{0n} N_1 \left(1 + \mu \frac{N_2}{N_1} \right) \left(P_0 - \frac{d}{r_0} \frac{t_e}{r_0} \right)}$$

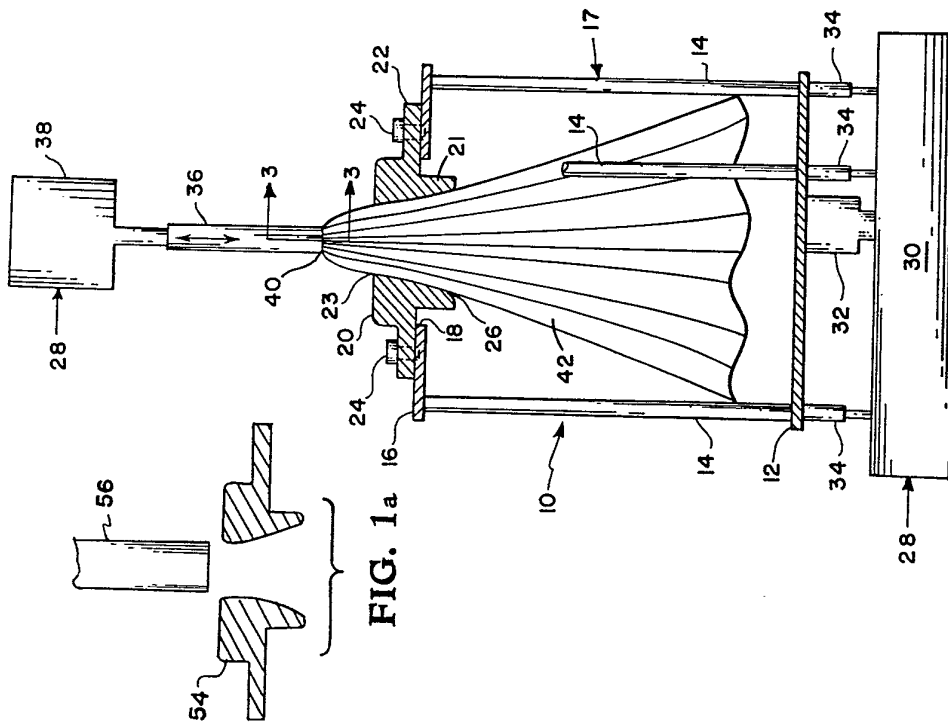


FIG. 1a

FIG. 1

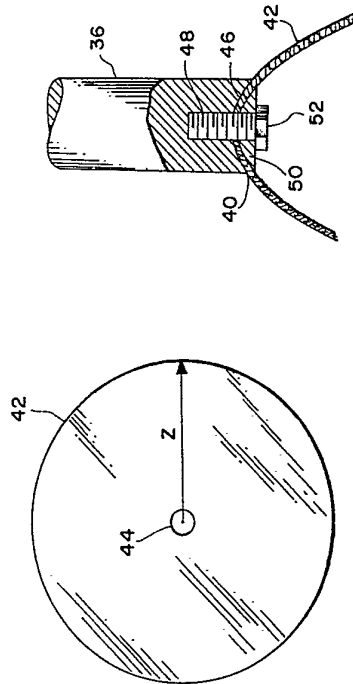


FIG. 2

FIG. 3

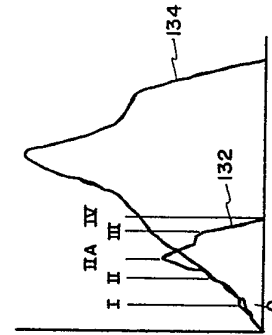


FIG. 6

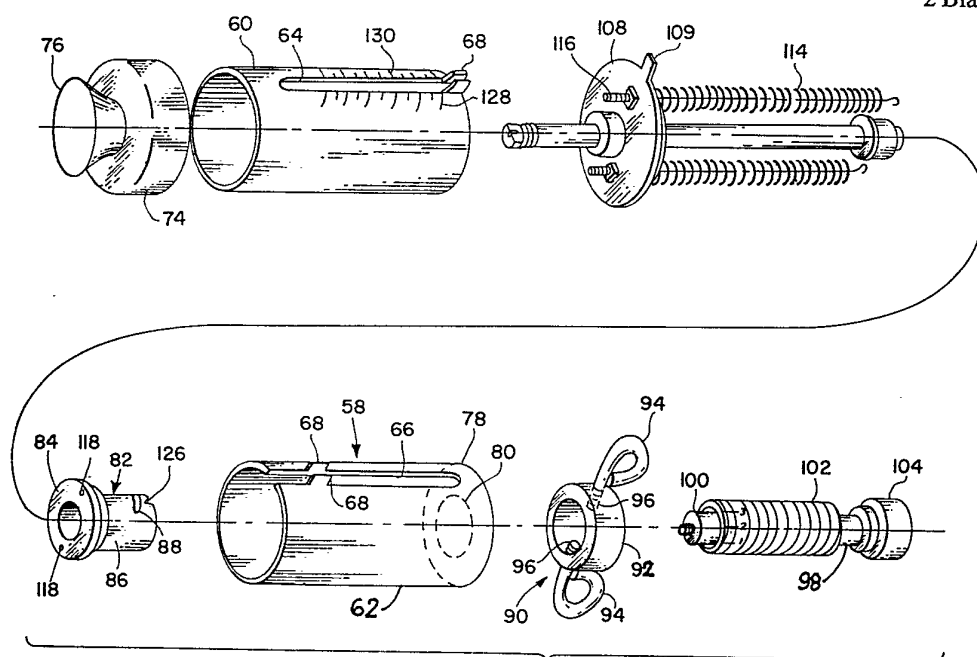


FIG. 4

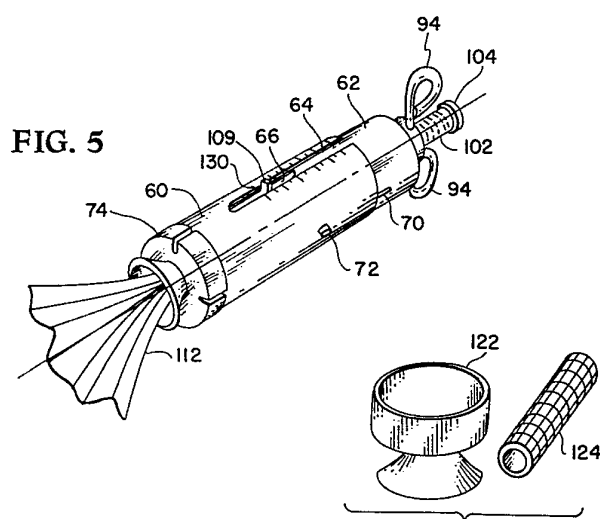


FIG. 5

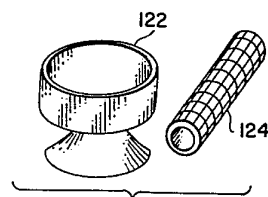


FIG. 4a

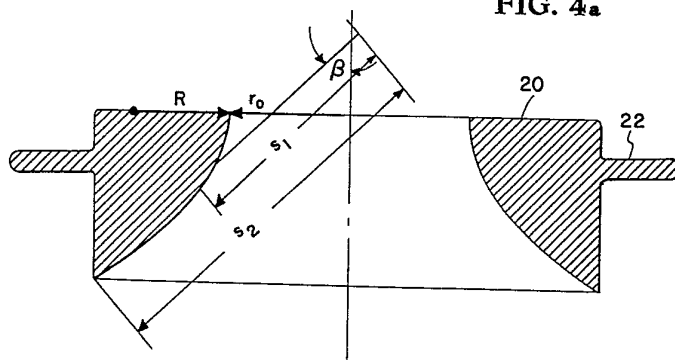


FIG. 7