

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. November 2008 (27.11.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/141877 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B26D 3/08 (2006.01) **B29C 59/00** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/054634

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. April 2008 (17.04.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 024 318.0 24. Mai 2007 (24.05.2007) DE
10 2007 030 517.8 30. Juni 2007 (30.06.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **KRAUSSMAFFEI TECHNOLOGIES GMBH**
[DE/DE]; Krauss-Maffei Str. 2, 80997 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHÜPPSTUHL, Thorsten** [DE/DE]; Vorwärtsstr. 15, 44139 Dortmund (DE).

(74) Anwalt: **ZOLLNER, Richard**; c/o KraussMaffei AG, Krauss-Maffei Str. 2, 80997 München (DE).

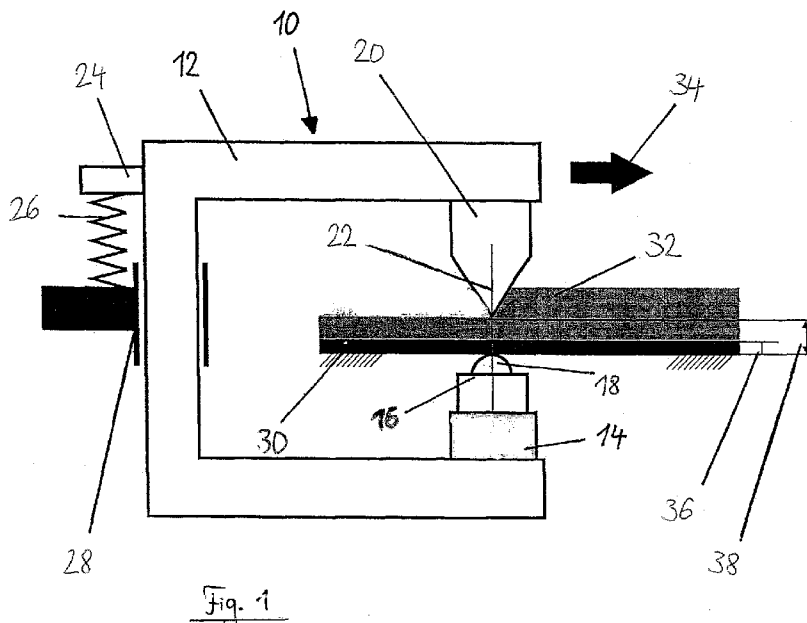
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR WEAKENING A WORKPIECE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SCHWÄCHEN EINES WERKSTÜCKS



(57) Abstract: The invention relates to a device and a method for weakening a workpiece using a tool. The workpiece is disposed between the tool and a bearing and is weakened by moving the workpiece relative to the tool. In order to be able to detect the wear state of the tool, the material composition of the workpiece, and/or the actual depth of the weakening, the invention proposes that the forces acting between the tool and the workpiece be determined, that the force value thus detected be compared to a predetermined force value, and that information be generated based on said comparison that states whether the force detected lies within predetermined parameters of the predetermined force value.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/141877 A1



MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Schwächen eines Werkstückes mit einem Werkzeug. Dabei ist das Werkstück zwischen dem Werkzeug und einem Auflager angeordnet und wird durch relatives Bewegen von Werkstück zum Werkzeug geschwächt. Um den Verschleißzustand des Werkzeug, die Materialbeschaffenheit des Werkstücks und/oder die tatsächliche Schwächungstiefe erfassen zu können, wird vorgeschlagen, die wirkenden Kräfte zwischen Werkzeug und Werkstück zu ermitteln, die ermittelte Kraft mit einem vorgegebenen Kraftwert zu vergleichen und auf der Basis des Vergleichs eine Information zu erzeugen, die angibt, ob sich die ermittelte Kraft innerhalb vorgegebener Grenzen zum vorgegebenen Kraftwert befindet.

Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zum Schwächen eines Werkstücks

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schwächen eines Werkstücks mit einem Werkzeug gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 3 und 8.

Für bestimmte Anwendungsbereiche ist es erforderlich, in Werkstücken, beispielsweise in flächigen Elementen, Schwächungsschnitte einzubringen. Diese können beispielsweise eine Sollbruchstelle definieren. Ein Anwendungsbereich ist bei der Herstellung von Armaturenbretern mit einem integrierten Airbag im Kraftfahrzeugbereich gegeben. Beim Auslösen des Airbags wird das Armaturenbrett an den Schwächungsstellen aufgebrochen, so dass der Airbag austreten kann. Unter den in der vorliegenden Anmeldung verwendeten Begrifflichkeiten wie Werkstück, Folie, Haut etc. sind zumeist freigeformte 3D-Werkstücke zu verstehen, bei denen es Ziel ist, das Material an einer Seite so einzuschneiden, dass mit einer definierten Restwandstärke unabhängig von ggf. örtlich schwankenden Gesamtwandstärken sowie Toleranzen eine vorgegebene Schwächung entsteht. Auf der anderen Seite des Produktes darf diese Materialschwächung in der Regel nicht zu erkennen sein. Gerade bei der Einbringung von Schwächungsschnitten in Automobil-Armaturenbretern mit integrierten Airbags, die als Sicherheitsbauteile anzusehen sind, ist eine hohe Genauigkeit des Schnittes bzw. der Restwandstärke von signifikanter Bedeutung, um die sichere Funktion des Airbags zu gewährleisten.

Eine bekannte Vorrichtung zur Einbringung solcher Schwächungsschnitte ist beispielsweise der DE 10 2006 034 287 zu entnehmen. Darin ist eine Vorrichtung beschrieben, bei der mit einer Schneidvorrichtung, beispielsweise einem Schneidmesser, ein Werkstück entlang einer vorgegebenen Linie eingeschnitten wird. Dabei stützt sich das Werkstück gegen einen Auflagetisch bzw. ein Auflager ab. Die Schwächung wird

insbesondere durch die relative Bewegung des Schneidmessers und der definierten Beabstandung der Spitze des Schneidmessers zum Auflagetisch oder Auflager erreicht.

Damit die vorgegebene Restwandstärke bei der Schwächung genau eingehalten werden kann, ist in der DE 10 2006 034 287 eine Einrichtung vorgesehen, mit welcher der Abstand zwischen dem Schneidmesser und dem Auflager in Richtung der Schneidachse konstant ausbildbar ist.

Es hat sich jedoch bei der Schwächung insbesondere von flexibleren Materialien herausgestellt, dass auch durch eine genaue Einstellung des Abstandes von Schneidmesserspitze zum Auflager keine genaue Restwandstärke in gewünschter Weise sichergestellt werden kann. Beim Schwächen von vergleichsweise unflexiblen Materialien entspricht der Abstand zwischen der Werkzeugspitze und einem Werkstück-Gegenlager (nachfolgend auch „Auflager“ genannt) nahezu identisch der resultierenden Restmaterialstärke. Dies ist beispielsweise in Figur 3 dargestellt. So taucht bei einem unflexiblen Material das Schneidwerkzeug 50 in das Werkstück ein, und zwar so weit, dass dessen Spitze um den Abstand a von dem Auflager 56 beabstandet ist. Nach dem Zurückziehen des Werkzeugs und zerstörender Vermessung der erzeugten Restwandstärke stellt man fest, dass dieser Abstand a auch gleichzeitig der Restmaterialstärke entspricht.

Mit ansteigender Flexibilität, Kompressibilität bzw. Elastizität des zu schwächenden oder schneidenden Materials wird dieses jedoch durch die wirkenden Bearbeitungskräfte unter dem Werkzeug elastisch deformiert und komprimiert. Dieser Vorgang ist in Figur 4, linker Teil, dargestellt. Wiederum ist die Werkzeugspitze einen Abstand a vom Auflager 56 entfernt. Die resultierende Restwandstärke b nach Entfernen des Werkzeugs 50 liegt jedoch über dem eigentlich eingestellten Abstand a , so dass die tatsächliche Restwandstärke b von der geforderten Restwandstärke a abweicht.

Um die geforderte Restwandstärke zu erhalten, wird der einzustellende Abstand zwischen der Werkzeugspitze und dem Auflager derzeit durch Versuche ermittelt, bis das gewünschte Ergebnis vorliegt. Insbesondere kann die in der DE 10 2006 034 287 angegebene Einstellung des Abstandes von Werkzeugspitze und Gegenlager Kompressionseffekte weder erfassen noch ausgleichen.

Die Komprimierung eines elastischen Werkstücks hängt dabei von der Gesamtmaterialdicke und den Materialeigenschaften, wie der Materialhärte, ab, sowie insbesondere auch von einem etwaigen Werkzeugverschleiß.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine eingangs genannte Vorrichtung bzw. ein eingangs genanntes Verfahren anzugeben, bei der die gewünschte Schwächung bzw. eine vorgegebene Restwandstärke genau hergestellt bzw. sicher überwacht werden können.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1, 3 und 8 angegebenen Merkmale teilweise verfahrensmäßig, teilweise vorrichtungsmäßig gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass sich die Schwankungen in Materialdicke, Materialeigenschaften oder ein zunehmender Werkzeugverschleiß unmittelbar auf die auftretenden Kräfte zwischen Werkzeug und Werkstück auswirken. In Abhängigkeit von der Materialdicke, der Materialeigenschaft, den Prozessparametern (insbesondere Vorschubgeschwindigkeit) und dem Werkzeugverschleiß wird nämlich das Werkstück mehr oder weniger unter dem Werkzeug komprimiert und bildet abhängig davon eine bestimmte Restwandstärke aus. Die oben genannten Einflussgrößen können mit Ausnahme des Werkzeugverschleißes nahezu konstant gehalten werden. Hinsichtlich eines unterschiedlichen verschlissenen Werkzeuges wurde festgestellt, dass sich die Kräfte und die resultierende Restwandstärke bei ansonsten unveränderten Bedingungen deutlich ändern. Dies geht aus Figur 5 hervor, in welcher der Unterschied in der Kraft, die zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück wirken, bei einem neuen Werkzeug einerseits und einem alten Werkzeug andererseits, zu erkennen ist. Die Kraft bei einem neuen Werkzeug liegt bei diesem Beispiel im Bereich von 1,5 bis 2 N. Die Kraft bei einem alten Werkzeug ist mehr als doppelt so hoch wie die Kraft beim neuen Werkzeug und bewegt sich zwischen 4 und 5,5 N.

Ein Gedanke der vorliegenden Erfindung ist daher darin zu sehen, dass durch die Integration eines Kraft- oder Drucksensors zur kontinuierlichen oder diskreten Erfassung der wirkenden Prozesskräfte zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück

oder dem Werkzeug und dem Gegenlager eine Aussage über eine Veränderung in der Materialdicke, der Materialeigenschaften und/oder einem Werkzeugverschleiß getroffen werden kann.

So wird gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens die Kraft ermittelt, mit der das Werkzeug beispielsweise beim Schwächungs- oder Schneidvorgang gegen das Werkstück drückt. Diese Kraft wird mit einer vorgegebenen Kraft verglichen, und auf dieser Basis kann eine Information erzeugt werden, die angibt, ob die so ermittelte Kraft innerhalb vorgegebener Grenzen zu einem vorgegebenen Kraftwert liegt. Aus dieser Aussage kann man in der Regel ableiten, ob der gerade durchgeführte Prozessschritt in Ordnung ist oder eine Störung oder Abnormalität vorliegt.

Die ermittelten Informationen können beispielsweise für einen Bediener sichtbar gemacht werden, so dass das Bedienpersonal diese Informationen überprüfen kann. Alternativ ist es auch möglich, diese Informationen einer Regel- und Steuereinrichtung zur Verfügung zu stellen, die in Abhängigkeit davon die Tiefeneinstellung des Werkzeugs regelt oder angibt, wann ein Werkzeug zu erneuern ist. Ist sichergestellt, dass sich die Materialdicke und Materialeigenschaft nicht verändert hat, und kann auf einen Werkzeugverschleiß geschlossen werden, so muss das Werkzeug eventuell zur Erreichung der gleichen Restwandstärke etwas weiter in das Werkstück verfahren werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Druck- oder Kraftsensor für eine taktile Vermessung der erzeugten Restwandstärke einzusetzen. So kann zum Beispiel aus einer Schneidposition heraus, bei relativ zum Werkzeug festem Werkstück, das Werkzeug in axialer Richtung herausgezogen werden, und zwar so weit, bis gerade keine Axialkraft mehr auf das Werkzeug einwirkt und das Werkstück durch das Werkzeug nicht mehr elastisch deformiert ist. Mit anderen Worten wird der Abstand zwischen Auflager und Werkzeugspitze bis zu diesem Punkt vergrößert. Ist dieser Punkt erreicht, so hat man nun einen Abstand der Werkzeugspitze zum Auflager erreicht, der die tatsächliche Restwandstärke angibt (Abstand: Auflager zu Werkzeugspitze). Mathematisch ausgedrückt, addiert sich zu der Schnitttiefe s_1 noch der Weg ds hinzu, um den das Werkzeug verfahren wird und um den sich das Material entspannt, was dann zur Restwandstärke führt.

Um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen, kann man das Verfahren zudem noch in umgekehrter Richtung wiederholen, d.h. das Werkzeug wird von dem Punkt, ab dem keine Kraft von dem Werkstück auf das Werkzeug einwirkt, in Richtung des Schnittgrundes verfahren, wobei das Kraft- oder Drucksignal kontinuierlich oder diskret erfasst wird.

All diese Verfahrenspositionen können auch über Bewegungsdokumentationen des Roboters sowie andere aktive Bewegungselemente festgehalten oder gespeichert und sowohl auf Seiten des Werkzeugs wie auch auf Seiten des Gegenhalters abgerufen werden.

Generell können dabei Kräfte oder Drücke gemessen werden. Insgesamt ist es lediglich erforderlich, die Prozesskräfte zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück oder auf das Werkzeug zu kennen. Überdies wird bei der Ermittlung der Prozesskräfte oder -drücke in der Regel in Richtung der Schneidachse gemessen. Es ist jedoch auch möglich, die Kraft auf das Werkzeug während des Verfahrens von Werkstück und Werkzeug parallel zur Verfahrrichtung zu messen. Damit kann man über die Messergeometrie unmittelbar Rückschlüsse über den Verschleißzustand des Werkzeugs, insbesondere im Vergleich mit früheren Daten, ziehen.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand verschiedener Ausführungsbeispiele genauer angegeben und mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs gemäß einer ersten Ausführungsform,
- Figur 2 eine schematische Detaildarstellung eines Schneidwerkzeugs gemäß dem Stand der Technik,
- Figur 3 eine schematische Darstellung eines in ein unflexibles Werkstück eindringenden Werkzeugs,

- Figur 4 eine schematische Darstellung eines in ein flexibles Werkstück eindringenden Werkzeugs,
- Figur 5 eine graphische Darstellung, in welcher der Kraftunterschied zwischen einem teilweise verschlissenen und einem neuen Werkzeug hinsichtlich der Kraft auf das Werkstück dargestellt ist,
- Figur 6 eine schematische Darstellung des Eintauchens eines Werkzeugs in ein Werkstück, anhand derer das erfindungsgemäße Verfahren erläutert wird,
- Figur 7 eine graphische Darstellung, welche die Kraftveränderung über den Weg darstellt,
- Figur 8 eine schematische Darstellung des Eintauchens eines Werkzeugs in ein Werkstück, anhand der ein weiterer Verfahrensaspekt der vorliegenden Erfindung erläutert wird,
- Figur 9 eine weitere graphische Darstellung, welche die Kraftverhältnisse hinsichtlich des Eintauchens in ein Werkzeug darstellt,
- Figur 10 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs gemäß der vorliegenden Erfindung und
- Fig. 11 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schneidwerkzeugs gemäß der vorliegenden Erfindung.

In Figur 1 ist in schematischer Darstellung ein Schneidwerkzeug 10 zur Schwächung von Kunststoffhäuten und ähnlichen flächigen Werkstücken schematisch dargestellt.

Das Schneidwerkzeug 10 umfasst bei dieser Ausführungsform einen U-förmigen Bügel 12, der an seiner rechten Seite geöffnet ist. Am oberen Schenkel des U-förmigen Bügels 12 ist ein Schneidmesser 20 angeordnet, das in Richtung einer Schneidachse 22 ausgerichtet ist. Am gegenüberliegenden Schenkel und gegenüberliegend dem

Schneidmesser 20 ist ein Auflager mit einer in einem Gegenhalter 16 rollend aufgenommenen Kugel 18 und einer zwischen dem Gegenhalter 16 und dem Bügelschenkel vorgesehenen Kraftmessdose 14 angeordnet. Alternativ kann die Kraftmessdose auch zwischen Messer und Bügel eingebaut werden. Dann lässt sich nämlich die auf das Werkstück einwirkende Kraft unmittelbar bestimmen. Dabei kann sich der Gegenhalter 16 gegenüber der Kraftmessdose in Schneidachsenrichtung bewegen.

Der Bügel 12 besitzt im linken Bereich eine Abstützlasche, die über eine Spiralfeder 26 mit einem Abstützblock 28 verbunden ist. Der Bügel 12 kann sich so federbelastet gegenüber dem Abstützblock 28 bewegen. Alternativ kann auch die Eigenelastizität des Werkstücks zum Toleranzausgleich für die Werkzeugbewegung genutzt werden.

Ein zu schwächendes Werkstück 32 ist auf einem Auflagetisch 30 angeordnet, der an seiner Unterseite auf der rollfähigen Kugel 18 aufliegt. Über die axial vorgespannte Verschiebeeinheit (24,26,28) des Werkzeuges wird gewährleistet, dass die Kugel kontinuierlich am Auflagetisch anliegt.

Durch Relativbewegung des Schneidwerkzeugs 20 gegenüber dem auf dem Auflagetisch 30 angeordneten Werkstück 32 bei in das Werkstück verfahrenem Schneidmesser 22 ergibt sich der gewünschte Schwächungsschnitt, der vorliegend dadurch dargestellt ist, dass in der Schnittdarstellung der Figur 1 bezüglich des Werkstücks das Material in Richtung nach dem Schneidmesser 22 fehlt.

Der Auflagetisch besitzt eine Dicke, die mit dem Bezugszeichen 36 gekennzeichnet ist. Die Restwandstärke des Materials nach dem Schwächungsschnitt ergibt sich aus dem Gesamtabstand der Werkzeugspitze von dem oberen Ende der Kugel 18 minus der konstanten oder wegabhängig bekannten Auflagetischdicke.

Über die Kraftmessdose kann die Kraft ermittelt und an eine Auswerte- oder Regel- und Steuereinheit übermittelt werden. Die Kraftmessdose ermittelt die Kraft, mit welcher das Schneidmesser 20 auf das Werkstück drückt. Diese Kraft hängt von der Materialdicke, der Materialbeschaffenheit, den Prozessparametern aber auch dem Verschleißzustand des Werkzeugs ab.

In Figur 2 ist ausschnittsweise eine Vorrichtung aus dem Stand der Technik gezeigt, wobei nunmehr eine aktive Verstellung des Schneidmessers 20' gegenüber dem Auflagetisch 30' mittels eines motorischen Antriebs möglich ist. Diese Verstellung wird mittels des elektrischen Antriebsmotors 25 erreicht, der eine Stellspindel 27 beaufschlagt. Das so dargestellte Schneidwerkzeug 10' lässt sich also hinsichtlich des Abstandes der Spitze des Werkzeugs 20' gegenüber dem Auflagetisch 30' (Bezugszeichen 37) bzw. der Schnitttiefe (Bezugszeichen 39) genau einstellen, wobei die Gesamtmaterialstärke durch das Bezugszeichen 40 definiert ist. Allerdings ist diese Einstellung, wie eingangs klargemacht wurde, nur bei relativ harten und unflexiblen bzw. unelastischen Materialien ohne weiteres genau möglich. In erfindungsgemäßer Weise kann man diese Ausführungsform ändern, wenn man im Bereich zwischen der Schneidmesser-Spitze und der (nicht dargestellten) Halterung eine Kraftmesseinrichtung einbaut.

Der Schneideffekt bei einem harten und unelastischen Material ist in Figur 3 deutlich zu sehen, gemäß der bei einem solchen unflexiblen Material 54 die Restwandstärke a (rechte Seite der Figur 3) im Wesentlichen dem Abstand der Spitze des Schneidmessers 50 zum Auflager 56 entspricht.

Bei einem elastischen Werkstück wird dieses unter dem Messer oder dem sonst verwendeten Werkzeug zusammengedrückt und verformt sich dadurch, so dass der Abstand zwischen der Spitze des Werkzeugs 50 und dem Auflager 56 (hier mit „a“ in linker Seite von Figur 4 bezeichnet) nicht der Restwandstärke (Bezugszeichen „b“ in Figur 4 rechte Seite) entspricht. Vielmehr ist die Restwandstärke b größer als der vorher eingestellte Abstand der Schneidmesserspitze zum Auflager 56.

Um die tatsächliche Restwandstärke zu ermitteln, wird – wie in Figur 6 dargestellt ist – von einer Schneidposition aus gestartet, die auf der linken Seite abgebildet ist. In dieser Position, welche die normale Schneidposition darstellt, bei der das Werkstück 54' relativ zu dem Werkzeug 50 verfahren wird, ist die Spitze des Werkzeugs 50 mit einem Abstand s_1 zum Auflager 56 eingestellt. Dabei wirkt durch die Kompression des Werkstücks eine Kraft zwischen dem Werkzeug 50 und dem Werkstück 54', die sich auch auf das Auflager 56 überträgt und von dem Kraftsensor 58 ermittelt werden kann.

Zum Feststellen der tatsächlichen Restwandstärke wird die relative Schnittbewegung zwischen Werkstück 54' und Werkzeug 50 zunächst beendet. Sodann wird das Werkzeug 50 entgegen seiner Schneidachse (vgl. Pfeil in Figur 6, rechte Seite) aus dem Werkstück um eine Strecke ds_1 herausgezogen, und zwar so weit, bis der Kraftsensor 58 keine weitere Kraftänderung bei einem weiteren Herausziehen des Werkzeugs aus dem Werkstück mehr feststellen kann. Ändert sich bei einem weiteren Herausziehen des Werkzeugs der Kraftwert nicht mehr, so ist dies der Punkt, an dem keine Kompression des Materials mehr vorliegt und der Abstand zwischen der Spitze des Schneidwerkzeugs und dem Auflager gibt nun die Restwandstärke an. Dies ist auch aus dem Graphen der Figur 7 ersichtlich. Dabei markieren s_1 den Abstand zwischen Schneidmesserspitze und Auflager beim Schwächungsvorgang und s_2 die tatsächliche Restwanddicke; ds_1 gibt das Ausmaß an, in dem das Material komprimiert wurden. Im Graphen der Fig. 7 ist auch ohne weiteres zu erkennen, dass die Kraft auf den Kraftsensor beim Herausziehen des Werkzeugs aus dem Werkstück (vgl. Pfeilrichtung) abnimmt und – bei einem entsprechend kalibrierten Sensor – am Punkt s_2 der Kraftwert 0 oder einen anderen charakteristischen Wert aufweist, nämlich dann, wenn die Restwandstärke erreicht ist und das Werkstück nicht mehr gegen das Werkzeug drückt bzw. keine Komprimierung mehr vorliegt.

Um die Genauigkeit des Verfahrens zu erhöhen, kann man – wie in Figur 8 angegeben ist – das Werkzeug nunmehr wieder in das Werkstück hinein verfahren. Bei diesem Schritt wird der Sensor 58 wieder eine Zunahme der Kraft zeigen, wenn die Spitze des Werkzeugs beginnt, das Werkstück an dieser Position zusammenzudrücken und zu komprimieren. Gerade an diesem Punkt liegt wieder die Restwandstärke S_2 vor. Wird das Werkzeug weiter in das Material hinein verfahren, so ergibt sich z.B. der im Graphen der Figur 9 angegebene idealisierte Kraftverlauf.

In Figur 10 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung teilweise und schematisch dargestellt, mit der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann. Dabei wird wiederum ein Schneidmesser 120 verwendet, welches über eine Verstellspindel 126, die von einem Motor 125 beaufschlagt ist, zum Schwächen eines Werkstücks 132 in dieses eingefahren wird. Das Werkstück 132 ist wiederum auf einem Auflagetisch 130 angeordnet und wird, dargestellt durch den Pfeil

134, relativ zum Werkzeug 120 bewegt. In Abhängigkeit von der Eindringtiefe wird ein Schwächungsschnitt durchgeführt, der zu einer Restwandstärke führt.

Mittels eines Tasters 172, der an der Unterseite des Auflagetisches 130 anliegt, und einem Kraftsensor 170 wird eine Kraft ermittelt, die durch den Schneidvorgang erzeugt wird. Der Sensor kann in diesem Fall jedoch keine Schnittkraft direkt messen, da diese in den Auflagetisch eingeleitet werden. Möglich ist es jedoch in diesem Fall, den Kraftsensor zwischen Messer und Aktor zu montieren.

Diese Information über die Kraft wird über eine Leitung 174 einer Regelungs- und Steuereinheit 150 zur Verfügung gestellt. Diese Regelungs- und Steuereinheit 150 ist wiederum mit dem Motor 125 über eine Steuerleitung 162 verbunden. Je nach Abgabe eines Signals von der Steuer- und Regeleinheit 150 an den Motor 125 erfolgt die Verstellung des Schneidmessers 120 in Richtung des Auflagetisches 130 oder weg davon. Zwischen dem Motor 125 und dem Schneidmesser 120 ist ein Wegsensor angeordnet, mit dem sich ermitteln lässt, wie weit die Spitze des Schneidmessers 120 vom Auflagetisch 130 entfernt ist.

Diese Entfernung gibt bei unelastischen Materialien die Restwandstärke wieder, die sich zusammensetzt aus der Differenz des Abstandes von Schneidmesserspitze zum Taster (Bezugszeichen 138) abzüglich der mit dem Bezugszeichen 136 bezeichneten Auflagetischdicke.

Aus der Kombination der Informationen vom Kraftsensor 170 und des Wegsensors 160, wobei letzterer über eine Datenleitung 164 an die Regel- und Steuereinrichtung 150 übertragen wird, kann die Steuer- und Regeleinrichtung 150 – eventuell noch unter Zuhilfenahme von Daten hinsichtlich Materialeigenschaften und/oder –dicke – auf die Prozessverhältnisse schließen. Insbesondere können Werkzeugverschleiß oder kurzfristige Schwankungen in der Materialdicke oder in den Materialeigenschaften auf diese Art und Weise festgestellt werden. Dabei ist zu erwarten, dass sich der Werkzeugverschleiß nur immer mittel- bis langfristig ändern wird. Schwankungen in der Materialstärke oder den Materialeigenschaften sind eher kurzfristige Ereignisse, die aufgrund zeitlichen Verlaufs des Signals auch als solche ermittelt werden können.

Weiterhin besteht die Möglichkeit z.B. die Materialdicke mit zusätzlicher Sensorik zu ermitteln und in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in schematischer Weise in Fig. 11 dargestellt. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von derjenigen in Fig. 1 beispielsweise dadurch, dass die Schneidanordnung insgesamt an einem Robotarm 274 gehalten ist, von dem in der Fig. 11 lediglich sein Ende dargestellt ist. Zwischen dem Robotarm 274 und der Schneidvorrichtung ist ein Gelenk 272 angeordnet. Am Gelenk 272 ist einerseits das Schneidmesser 275 in einer aus Fig. 11 zu entnehmenden drehbeweglichen Weise sowie ein Haltearm 270 befestigt. Der Haltearm wiederum hält einen U-förmigen Bügel 212, der ähnlich wie derjenige in Fig. 1 ausgestaltet ist. Ein weiterer Unterschied in der Ausführungsform zur Fig. 1 liegt nun darin, dass sich das Schneidmesser 275 in einer Drehhalterung 276 des Bügels drehen lässt. Am unteren Schenkel des U-förmigen Bügels 212 sind – wie auch bei der Ausführungsform der Fig. 1 – eine Kraftmessdose 214, in Gegenhalter 216 sowie eine Rollkugel 218 vorgesehen. Die Rollkugel 218 rollt nun unmittelbar an der Unterseite des Werkstücks 232 ab und kann die Kraft, mit der die Spitze 220 des Schneidmessers in das Werkstück drückt aufnehmen. Seitlich ist das Werkstück in Spannvorrichtungen fest und ortsunbeweglich eingeklemmt.

Darüber hinaus kann die Rollkugel 218 mittels eines Präzisionsaktor (vorliegend nicht dargestellt) um 50 mm abgesenkt bzw. angehoben (Fig. 11 zeigt den angehobenen Zustand) werden. Dadurch kann das Schneidwerkzeug problemlos in die gewünschte Position zum Werkstück eingefahren werden, bevor der Schneidvorgang beginnt.

Bei dieser Ausführungsform besteht damit die Möglichkeit, an einer beliebigen Position des Werkstückes zu starten und einen vorgegebenen Weg abzufahren, wobei sich das Messer mit seiner Schneide immer in Fahrrichtung einstellen lässt. Zudem kann in oben beschriebener Weise die Kraft zwischen dem Schneidmesser und dem Werkstück erfasst und daraus die Informationen über Werkzeugzustand und Materialeigenschaft gewonnen werden.

Insgesamt gibt die vorliegende Erfindung die Möglichkeit, eine Materialschwächung bis auf eine genau definierte Restwandstärke auch bei elastischen Materialien, die unter

der Wirkung des Schneidwerkzeugs verformt oder komprimiert werden, zu erreichen. Darüber hinaus kann eine Information über den Zustand des Werkzeugs generiert werden, insbesondere, wann das Werkzeug auszutauschen ist.

Bezugszeichenliste

10, 10'	Schneidwerkzeug
12	Bügel
14	Kraftmessdose
16	Gegenhalter
18	Gelagerte Kugel
20, 20'	Schneidmesser
22	Schneidachse
24	Abstützlasche
25	Antriebsmotor
26	Spiralfeder
27	Stellspindel
28	Abstützbock
30, 30'	Auflagetisch
32, 32'	(zu schwächendes) Werkstück
34, 34'	Bewegungsrichtung
36	Dicke Auflagetisch
37	Restmaterialstärke
38	Dicke: Restmaterialstärke + Auflagetischdicke
39	Schneidtiefe
40	Gesamtmaterialdicke
50	Schneidmesser
52	Bewegungsrichtung
54, 54'	Material
56	Auflageplatte
58	Drucksensor
120	Schneidmesser
125	Antriebsmotor
126	Stellspindel
130	Auflagetisch
132	Material

134	Bewegungsrichtung
136	Auflagetischdicke
138	Dicke: Restmaterialstärke + Auflagetischdicke
150	Steuerung
160	Wegsensor
162	Steuerleitung
164	Sensorleitung
170	Drucksensor
172	Tastzeiger
174	Sensorleitung
212	Bügel
214	Kraftmessdose
216	Gegenhalter
218	Kugel
220	Spitze des Schneidmessers
226	Spannvorrichtung
232	Werkstück
270	Haltearm
272	Gelenk
274	Robotarm
275	Schneidmesser
276	Drehhalterung

Ansprüche

1. Verfahren zum Schwächen eines Werkstückes mit einem Werkzeug, wobei
 - das Werkstück zwischen dem Werkzeug und einem Auflager angeordnet ist und
 - das Werkstück durch relatives Bewegen von Werkstück zum Werkzeug geschwächt wird,**mit den Schritten:**
 - Ermitteln der wirkenden Kräfte zwischen Werkzeug und Werkstück (insbesondere Axiallast),
 - Vergleich der ermittelten Kraft mit einem vorgegebenen Kraftwert und
 - Erzeugen einer Information auf der Basis des Vergleichs, die angibt, ob sich die ermittelte Kraft innerhalb vorgegebener Grenzen zu dem vorgegebenen Kraftwert befindet.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Information an eine Regel- und Steuereinrichtung ausgegeben wird und dass die Regel- und Steuereinrichtung eine Tiefeneinstellung des Werkzeugs auf der Basis dieser Information regelt.
3. Verfahren zum Schwächen eines Werkstückes mit einem Werkzeug, wobei
 - das Werkstück zwischen dem Werkzeug und einem Auflager angeordnet ist,
 - das Maß des Einführens des Werkzeug in das Werkstück erfasst wird und
 - das Werkstück durch relatives Bewegen von Werkstück zum Werkzeug geschwächt wird,**mit den Schritten:**
 - Einführen des Werkzeugs in das Werkstück bis zu einer vorgegebenen Tiefe bei gleichzeitiger Durchführung einer Schwächung,
 - Zurückziehen des Werkzeugs bis ein vorgegebener Kraftwert erreicht ist,
 - Bestimmung der Distanz, welche das Werkzeug zurückgezogen wurde, und
 - Ermittlung des Werkzeugzustandes und/oder der Materialbeschaffenheit und/oder der tatsächlichen Schnitttiefe aufgrund der bestimmten Distanz.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Zurückziehen des Werkzeugs die Kraft, mit der das Werkzeug bis zur und/oder bei der vorgegebenen Tiefe gegen das Werkstück drückt, ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - anschließend das Werkzeug wieder bis auf eine bestimmte Tiefe in das Werkstück eingeführt wird und
 - die Kraft ermittelt wird, mit der das Werkzeug bis zur und/oder bei der vorgegebenen Tiefe gegen das Werkstück drückt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass aus den Informationen aus Kraft und Weg auf den Werkzeugzustand und/oder die Materialbeschaffenheit und/oder die tatsächlichen Schwächungstiefe geschlossen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - anschließend das Werkzeug wieder bis zu einem bestimmten Kraftwert in das Werkstück eingeführt wird und
 - die Distanz ermittelt wird und
 - der Werkzeugzustand und/oder die Materialbeschaffenheit und/oder die tatsächlichen Schwächungstiefe aufgrund der Druckzunahme oder des Tiefenwertes geschlossen wird.
8. Vorrichtung zur Einbringung einer Schwächung in ein Werkstück, insbesondere eine Folie oder eine Haut, umfassend
ein zum Schwächen des Werkstücks geeignetes Werkzeug,
ein Auflager, wobei das Werkstück zwischen dem Werkzeug und dem Auflager anordenbar ist, sich gegen das Auflager abstützt und das Werkzeug gegenüber dem Werkstück relativ bewegbar ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

ein Sensor zur Erfassung der Prozesskräfte zwischen Werkzeug und Auflager oder zwischen Werkzeug und Werkstück vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Sensor zum Ermitteln der Position der Werkzeugspitze gegenüber dem Auflager vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9,

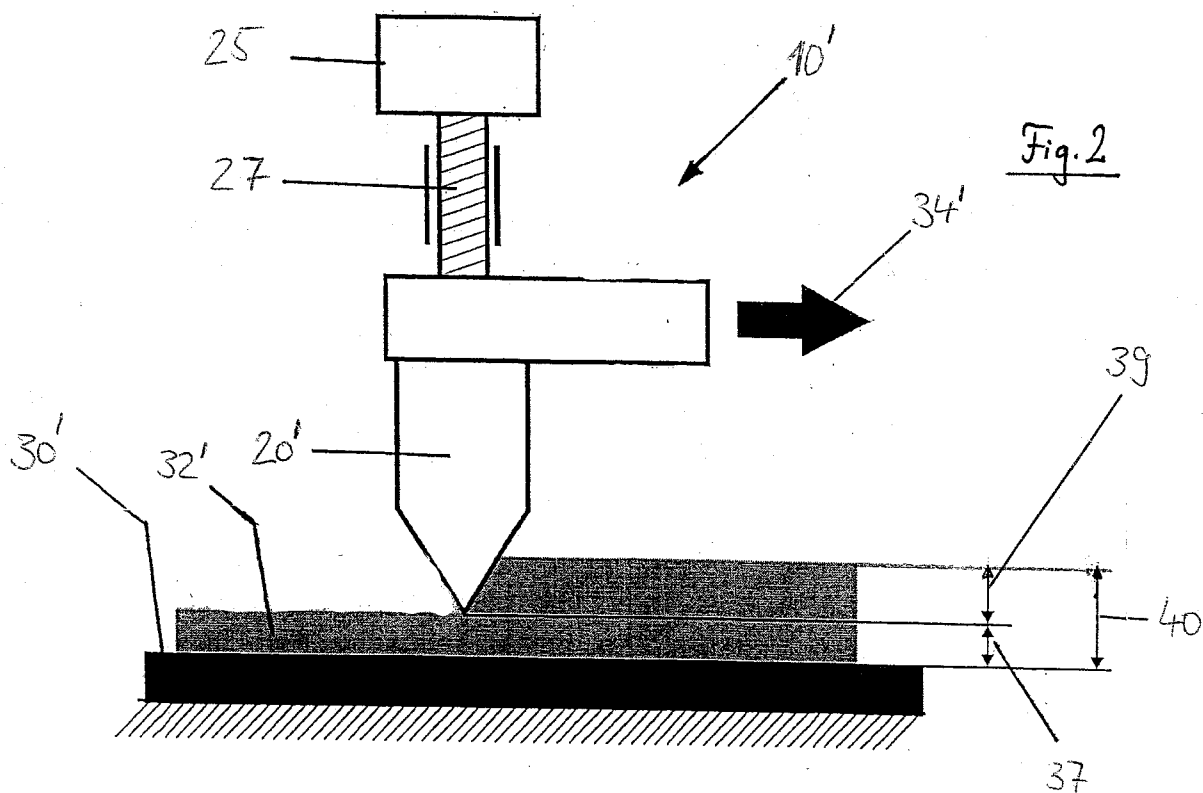
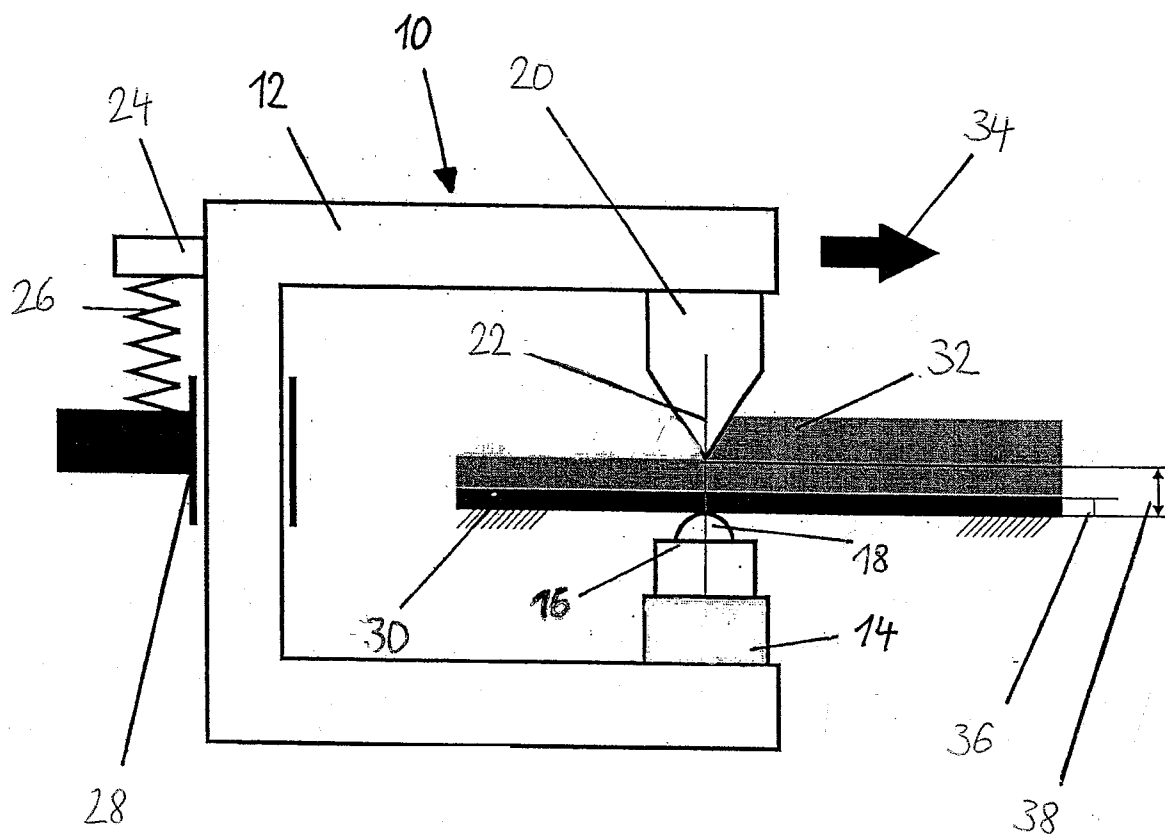
dadurch gekennzeichnet,

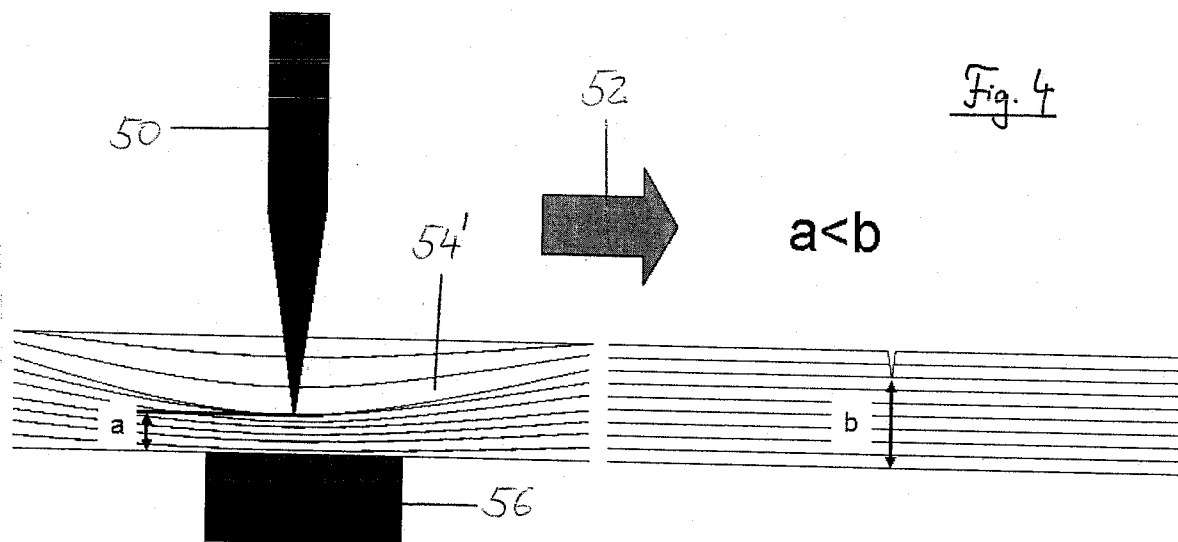
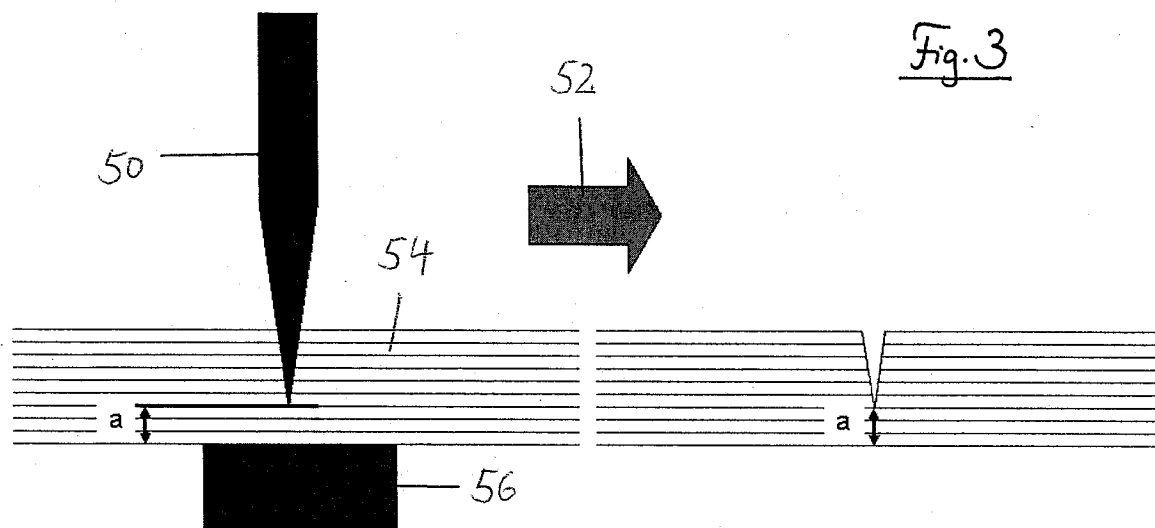
dass eine Regel- und Steuereinrichtung vorgesehen ist,

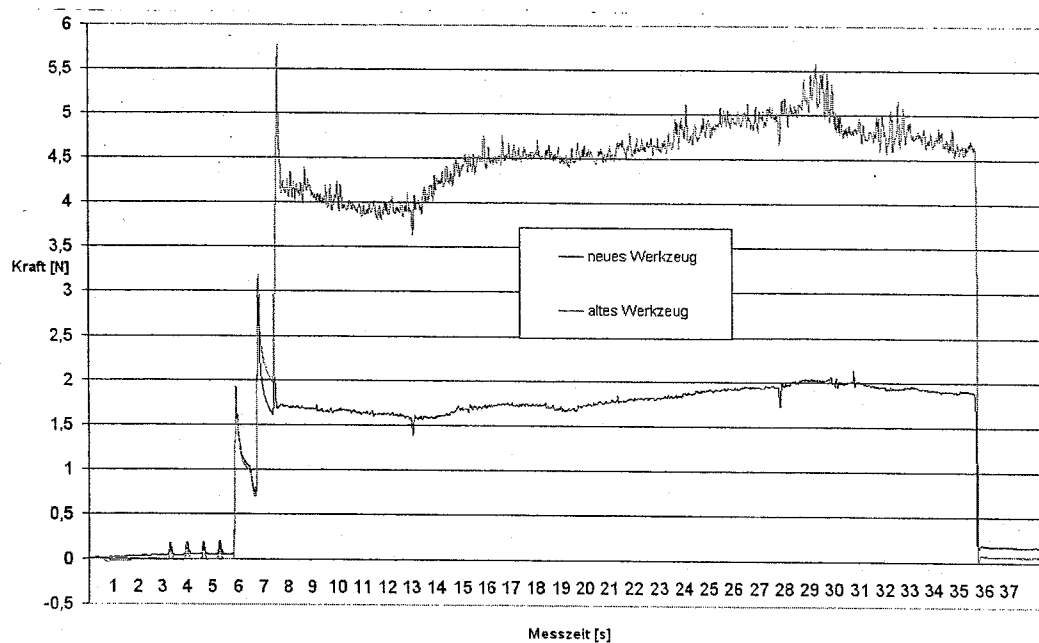
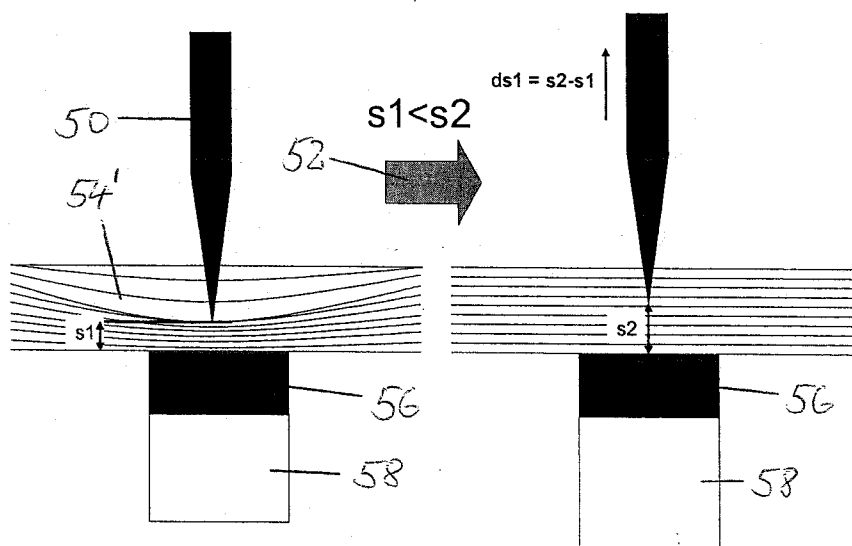
dass eine von der Regel- und Steuereinrichtung beaufschlagbare Stelleinrichtung für eine Tiefeneinstellung des Werkzeugs vorgesehen ist,

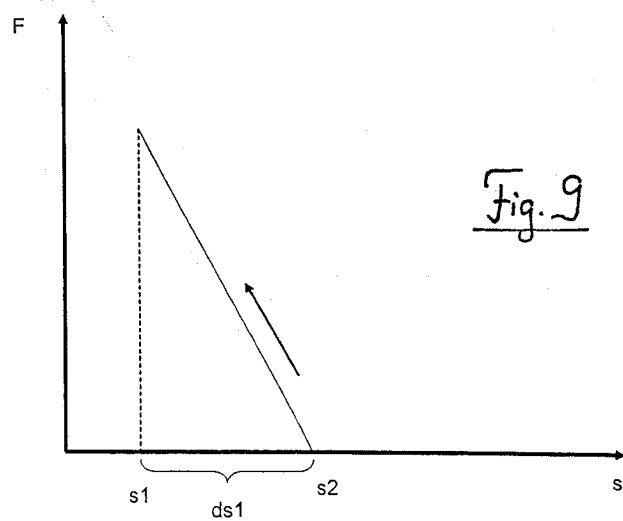
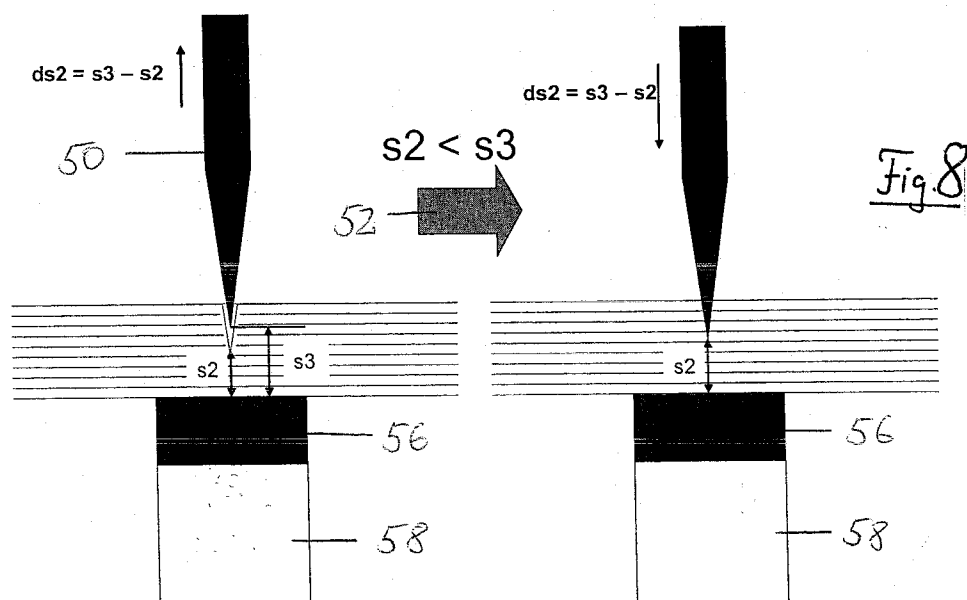
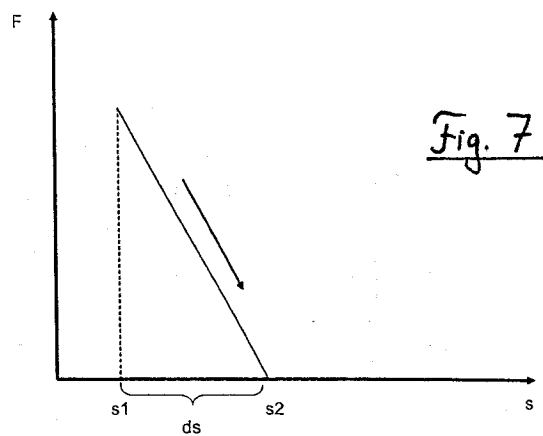
dass die Regel- und Steuereinrichtung mit dem Sensor zur Erfassung der Prozesskräfte verbunden ist und

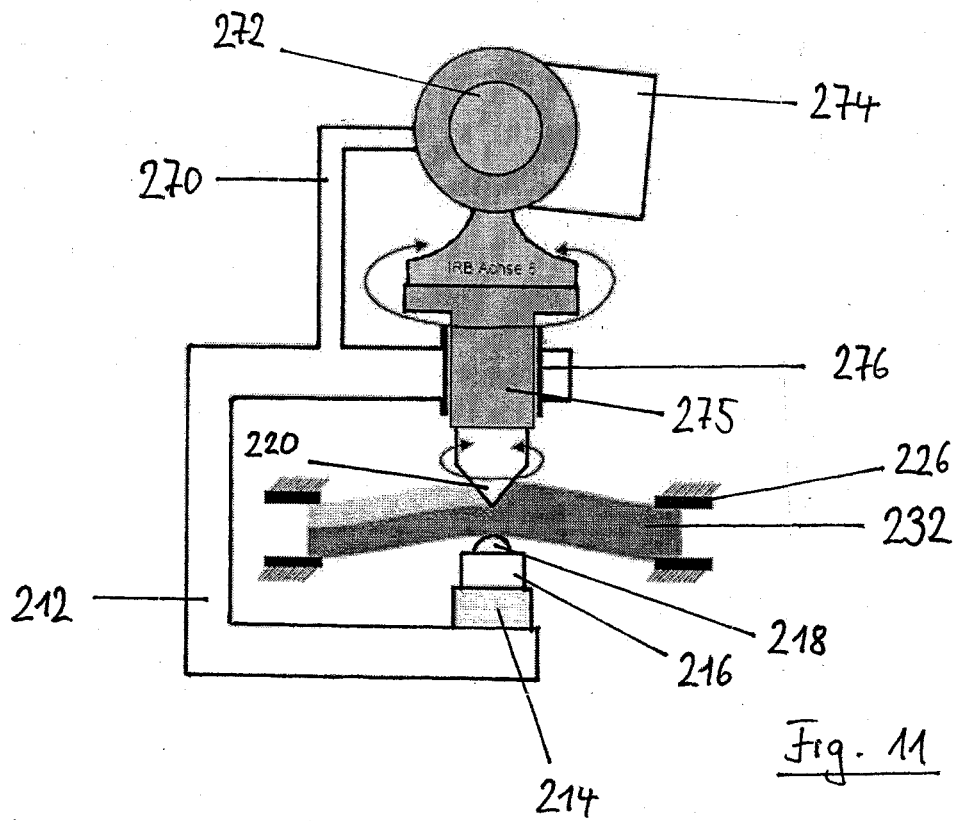
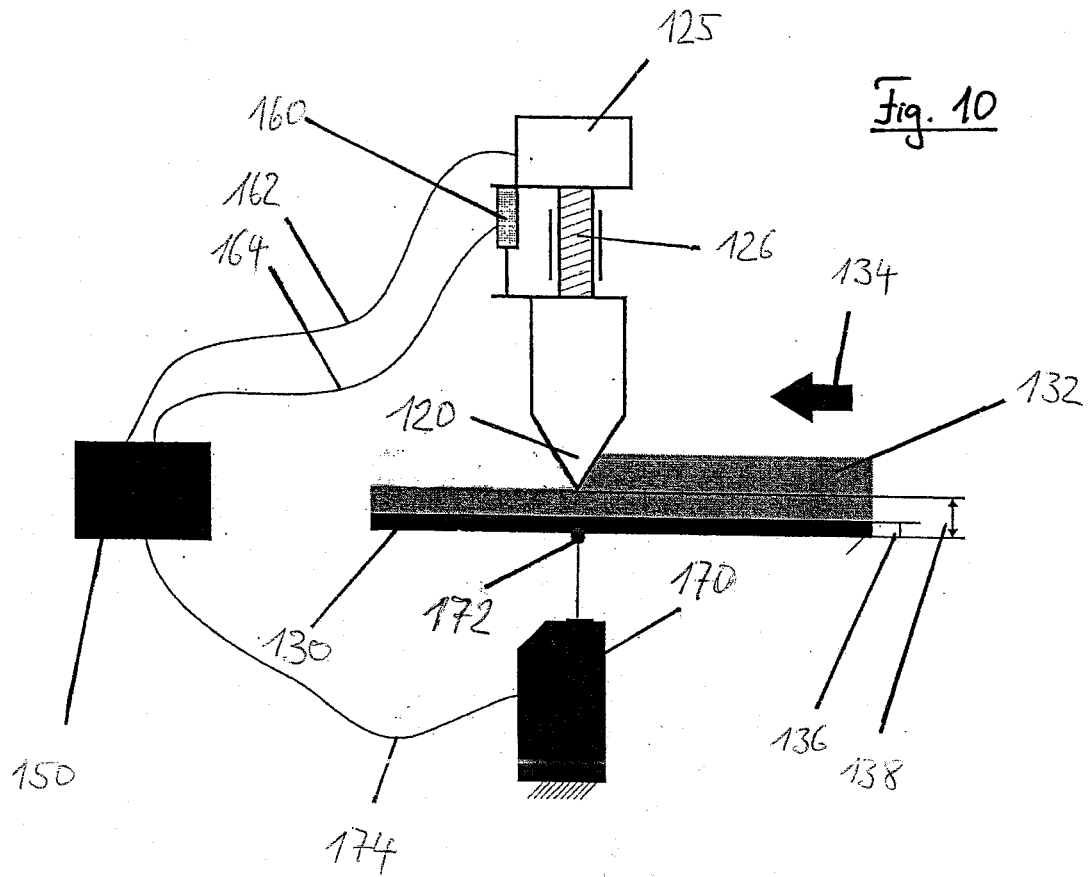
dass die Regel- und Steuereinrichtung ausgebildet ist, um auf der Basis der Sensorinformation die Stelleinrichtung anzusteuern.





Fig. 5Fig. 6





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/054634

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B26D3/08 B29C59/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B26D B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/064330 A (GERBER SCIENT PRODUCTS INC [US]) 22 August 2002 (2002-08-22) page 7, line 7 - line 12; figures -----	1,2,8
X	US 5 174 188 A (PETROZ GERARD [FR]) 29 December 1992 (1992-12-29) column 6, line 5 - line 19; figure 4 column 8, line 25 - line 57; figures 6,7 -----	1,8
X	US 4 624 169 A (NELSON CARL [US]) 25 November 1986 (1986-11-25) column 6, line 39 - line 66; figures -----	1,8
X	US 5 831 181 A (MAJUMDAR ARUN [US] ET AL) 3 November 1998 (1998-11-03) column 7, line 9 - line 12; claims 3-7 ----- -/--	1,2,8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 Mai 2008

Date of mailing of the international search report

09/06/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Canelas, Rui

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/054634

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A,P	DE 10 2006 034287 B3 (KRAUSSMAFFEI TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 28 February 2008 (2008-02-28) cited in the application -----	1,3,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/054634

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02064330	A	22-08-2002	NONE	
US 5174188	A	29-12-1992	DE 69011751 D1 DE 69011751 T2 EP 0402230 A1 FR 2648274 A1 JP 3042855 A	29-09-1994 16-03-1995 12-12-1990 14-12-1990 25-02-1991
US 4624169	A	25-11-1986	NONE	
US 5831181	A	03-11-1998	NONE	
DE 102006034287	B3	28-02-2008	WO 2008009488 A1	24-01-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/054634

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B26D3/08 B29C59/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B26D B29C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/064330 A (GERBER SCIENT PRODUCTS INC [US]) 22. August 2002 (2002-08-22) Seite 7, Zeile 7 - Zeile 12; Abbildungen -----	1,2,8
X	US 5 174 188 A (PETROZ GERARD [FR]) 29. Dezember 1992 (1992-12-29) Spalte 6, Zeile 5 - Zeile 19; Abbildung 4 Spalte 8, Zeile 25 - Zeile 57; Abbildungen 6,7 -----	1,8
X	US 4 624 169 A (NELSON CARL [US]) 25. November 1986 (1986-11-25) Spalte 6, Zeile 39 - Zeile 66; Abbildungen -----	1,8
X	US 5 831 181 A (MAJUMDAR ARUN [US] ET AL) 3. November 1998 (1998-11-03) Spalte 7, Zeile 9 - Zeile 12; Ansprüche 3-7 ----- -/-	1,2,8
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 30. Mai 2008		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 09/06/2008
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Canelas, Rui

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A,P	DE 10 2006 034287 B3 (KRAUSSMAFFEI TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 28. Februar 2008 (2008-02-28) in der Anmeldung erwähnt -----	1,3,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/054634

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 02064330	A	22-08-2002	KEINE		
US 5174188	A	29-12-1992	DE	69011751 D1	29-09-1994
			DE	69011751 T2	16-03-1995
			EP	0402230 A1	12-12-1990
			FR	2648274 A1	14-12-1990
			JP	3042855 A	25-02-1991
US 4624169	A	25-11-1986	KEINE		
US 5831181	A	03-11-1998	KEINE		
DE 102006034287 B3		28-02-2008	WO	2008009488 A1	24-01-2008