

(19)



(11)

EP 3 936 339 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.01.2022 Patentblatt 2022/02

(51) Int Cl.:
B41F 9/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20185300.9**

(22) Anmeldetag: **10.07.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **DAETWYLER SWISSTEC AG**
3368 Bleienbach (CH)

(72) Erfinder:
• **ROTHER, Thomas**
4704 Niederbipp (CH)
• **REINERT, Michael**
23566 Lübeck (DE)

(74) Vertreter: **Keller Schneider**
Patent- und Markenanwälte AG (Bern)
Eigerstrasse 2
Postfach
3000 Bern 14 (CH)

(54) **LASERBEARBEITETE RAKEL**

(57) Bei einem Verfahren zur Bearbeitung einer Rakel, insbesondere einer Rakel zum Abrakeln von Druckfarbe auf einem Druckzylinder, umfassend einen flachen und länglichen Grundkörper aus Kohlenstoffstahl mit einem Befestigungsbereich und einer in einer longitudina-

len Richtung ausgebildeten Arbeitskante, wird eine Randschicht der Arbeitskante der Rakel zumindest in einem zu bearbeitenden Abschnitt mit einem Laserlichtstrahl gehärtet.

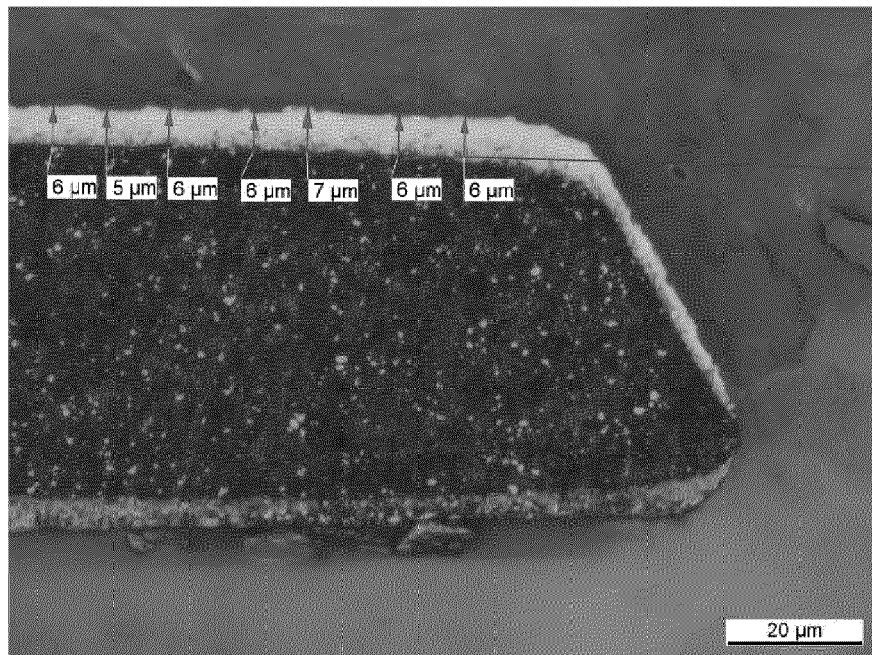


Fig. 13

EP 3 936 339 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung einer Rakel, insbesondere einer Rakel zum Abkellern von Druckfarbe auf einem Druckzylinder, umfassend einen flachen und länglichen Grundkörper aus Kohlenstoffstahl mit einem Befestigungsbereich und einer in einer longitudinalen Richtung ausgebildeten Arbeitskante. Weiter bezieht sich die Erfindung auf eine Rakel mit einer zumindest in einem Abschnitt bearbeiteten Arbeitskante.

Stand der Technik

[0002] Rakel werden in der Druckindustrie als auch bei der Papierherstellung eingesetzt.

[0003] In der Druckindustrie kommen Rakel insbesondere zum Abstreichen überschüssiger Druckfarbe von den Oberflächen auf Druckzylindern bzw. Druckwalzen zum Einsatz. Besonders beim Tiefdruck und Flexodruck hat die Qualität der Rakel einen entscheidenden Einfluss auf das Druckergebnis. Unebenheiten oder Unregelmäßigkeiten der mit dem Druckzylinder in Kontakt stehenden Arbeitskanten der Rakel führen z. B. zu einer unvollständigen Abstreifung der Druckfarbe von den Stegen der Druckzylinder. Dadurch kann es auf dem Druckträger zu einer unkontrollierten Abgabe von Druckfarbe kommen.

[0004] Die Arbeitskanten der Rakel sind während dem Abstreifen an die Oberflächen der Druckzylinder oder Druckwalzen angepresst und werden relativ zu diesen bewegt. Somit sind die Arbeitskanten, insbesondere bei Rotationsdruckmaschinen, einerseits hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt, welche einen entsprechenden Verschleiss mit sich bringen - andererseits werden hohe Ansprüche an die Arbeitskanten der Rakel gestellt, so dass über einen möglichst langen Anwendungszeitraum ein präzises Abstreifen sichergestellt ist. Rakel sind daher grundsätzlich Verbrauchsgegenstände, welche periodisch ausgetauscht werden müssen. Damit gilt es insbesondere bei gleichbleibend hoher Qualität der Rakel die Herstellungskosten tief und die Lebensdauer gleichzeitig möglichst hoch zu halten.

[0005] Rakel basieren meist auf einem Rakelkörper aus Stahl oder Kunststoff mit einer speziell ausgeformten Arbeitskante. Um die Lebensdauer der Rakel zu verbessern, können die Arbeitskanten der Rakel bezüglich der Härte eingestellt und/oder mit Beschichtungen aus Kunststoffen, Lacken, Metallen und/oder Hartstoffen versehen werden. Der strukturelle und stoffliche Aufbau der Rakel beeinflusst dabei die mechanischen und tribologischen Eigenschaften massgeblich.

[0006] Eine solche Rakel wird zum Beispiel in der EP 0 911 157 B1 beschrieben. Diese betrifft eine Rakel zum Abkellern überflüssiger Druckfarbe von der Oberfläche einer Druckform. Um die Abnutzung der mit der Rakel

im Kontakt stehenden Oberfläche der Druckform möglichst zu vermindern, wird die Lamelle und auch der an die Lamelle anschliessende Bereich des hinteren Rakelteiles über die gesamte Rakellänge mit einer Beschichtung versehen, die aus Schmierstoff besteht oder zumindest Schmierstoffpartikel aufweist. Die Beschichtung kann ein Trägermaterial umfassen, in welchem sowohl Schmierstoffpartikel als auch Partikel eines verschleissfesten Materials eingebettet sind.

[0007] Die DE 10 2013 011 275 A1 beschreibt ein Rakelblatt, welches an der Aussenfläche im Bereich der Arbeitskante einen der Druckwalze zugewandten Abschnitt mit einer druckfarbenfreundlichen Oberfläche aufweist und einen daran anschliessenden weiteren Abschnitt, welcher eine druckfarbenabweisende Eigenschaft aufweist. Damit spreitet die Druckfarbe auf dem druckfarbenfreundlicheren Abschnitt besser, so dass die Druckqualität erhöht werden kann. Die beiden Abschnitte können durch eine Bearbeitung des Materials des Grundkörpers hergestellt werden, beispielsweise kann der druckfarbenfreundliche Abschnitt durch Sandstrahlen, Ätzen, Lasergravur, Elektronenstrahlbestrahlung oder Schleifen aufgeraut werden, um seine die Druckfarbe anziehende Eigenschaft zu erzeugen oder zu verstärken.

[0008] Derartig Rakel vermögen jedoch in Bezug auf die Herstellungskosten und die Präzision beim Abstreichen nach wie vor nicht vollständig zu befriedigen.

[0009] In der Papierindustrie werden Rakel je nach Anwendung insbesondere auch als Streichmesser, Streichklingen oder Beschichtungsmesser bezeichnet. Mit einem Streichmesser oder Streichrakel kann z.B. überflüssige Streichfarbe (beispielsweise Pigmente, Bindemittel, Additive, etc.) von einem Papiersubstrat oder einer Papierbahn entfernt werden. Wie in der Druckindustrie kann die Lebensdauer der Streichmesser, Streichklingen oder Beschichtungsmesser verbessert werden, indem die Arbeitskanten modifiziert werden.

[0010] Die WO 2006/007984 A1 beschreibt z.B. kaltgewalzte Stahlbänder die zur Herstellung von Streichmessern, Auftragsmessern und Kreppschabern verwendet werden, welche eine verbesserte Lebensdauer aufweisen. Dies wird durch eine spezielle Stahlzusammensetzung und die Verwendung eines pulvermetallischen Verfahrens erreicht, welches zu einer Zusammensetzung mit einem hohen Karbidanteil führt. Zudem kann die die Arbeitskante durch einen Laserstrahl gehärtet werden.

[0011] Weiter beschreibt die WO 92/06796 A1 Rakel-elemente, welche insbesondere zum Steichen von Papier oder Karton ausgelegt sind. Dabei ist eine spezielle Klingenausgestaltung vorgesehen, welche eine grössere Variation der Anpresskräfte ermöglicht, um einen grösseren Strichgewichtsbereich aufzubringen. Erwähnt ist auch, die Klinge im Bereich der Dosierfasenfläche zusätzlich durch eine Anlaufhärtung oder Laserhärtung zu härten, um den Elastizitätsmodul zu erhöhen. Hierbei sollte die Härte an der Oberfläche geringer sein als in den darunter liegenden Bereichen, damit sich die Klinge

in der Einschleifphase besser an das Papier oder die Gegenwalze anpassen kann. Ebenfalls erwähnt ist das Einbringen von Querschnittsveränderungen an der Klinge in Form Nuten, welche u.a. auch durch Laserlicht erzeugt werden können.

[0012] Auch im Bereich der Rakel für die Papierindustrie oder für die Papierherstellung vermögen die bekannten Systeme jedoch nicht vollständig zu überzeugen.

[0013] Es besteht daher nach wie vor Bedarf nach verbesserten Rakeln für die Drucktechnik als auch für die Papierherstellung, welche die vorstehend genannten Nachteile weniger oder gar nicht aufweisen.

Darstellung der Erfindung

[0014] Aufgabe der Erfindung ist es, dem eingangs genannten technischen Gebiet zugehörnde und verbesserte Verfahren zur Herstellung von Rakeln für die Drucktechnik als auch für die Papierherstellung bereitzustellen. Im Besonderen sollen Verfahren geschaffen werden, welche eine möglichst wirtschaftliche Herstellung von Rakeln ermöglicht. Weiter ist es eine Aufgabe der Erfindung, vorteilhafte Rakel bereitzustellen, welche sich möglichst wirtschaftlich herstellen lassen und bei Anwendungen in der Drucktechnik oder bei der Papierherstellung eine möglichst gute Verschleissfestigkeit aufweisen. Insbesondere sollen die Rakel gleichzeitig ein möglichst präzises Abstreichen von Druck- oder Streichfarbe ermöglichen.

[0015] Diese Aufgaben werden durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 10 gelöst.

[0016] In einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Bearbeitung einer Rakel, umfassend einen flachen und länglichen Grundkörper aus Kohlenstoffstahl mit einem Befestigungsbereich und einer in einer longitudinalen Richtung ausgebildeten Arbeitskante, wobei eine Randschicht der Arbeitskante der Rakel zumindest in einem zu bearbeitenden Abschnitt mit einem Laserlichtstrahl gehärtet wird.

[0017] Der Begriff "Rakel" ist vorliegend breit zu verstehen und umfasst sowohl Rakel für Anwendungen in der Druckindustrie als auch in der Papierindustrie. Insbesondere handelt es sich bei den Rakeln um Druckrakel, Streichmesser, Streichklingen und/oder Beschichtungsmesser. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Rakel eine Druckrakel, welche im Speziellen zum Abrakeln von Druckfarbe auf einem Druckzylinder vorgesehen ist.

[0018] Der Ausdruck "Rakel" beinhaltet sowohl einzelne und gebrauchsfertig abgelängte Rakel als auch sogenannte Endlos-Rakelbänder, welche insbesondere später zu mehreren einzelnen Rakeln abgelängt werden können. "Endlos-Rakelbänder" meinen in diesem Zusammenhang Rakelbänder mit einer Länge von mindestens 5 m, insbesondere mindestens 10 m, im Speziellen mindestens 50 m. Beispielsweise kann das Rakelband eine Länge von 100 m aufweisen. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird das erfindungsge-

mässe Verfahren mit Endlos-Rakelbändern durchgeführt.

[0019] "Kohlenstoffstahl" wird auch als C-Stahl bezeichnet und ist gemäss Norm DIN EN 10020:2000 als unlegierter Qualitätsstahl definiert. Im Besonderen verfügt diese Stahlsorte über einen Kohlenstoffgehalt von 0.2 bis 0.65 Gew.-%. Die Anteile von weiteren Legierungsbestandteilen liegen jeweils unterhalb eines durch die Norm vorgegebenen Grenzwerts. Insbesondere verfügt der Kohlenstoffstahl über folgende Grenzwerte oder Maximalanteile: Aluminium: 0.30 Gew.-%, Bor: 0.0008 Gew.-%, Bismut: 0.10 Gew.-%, Cobalt: 0.30 Gew.-%, Chrom: 0.30 Gew.-%, Kupfer: 0.40 Gew.-%, Lanthanide (einzeln gewertet): 0.10 Gew.-%, Mangan: 1.65 Gew.-%, Molybdän: 0.08 Gew.-%, Niob: 0.06 Gew.-%, Nickel: 0.30 Gew.-%, Blei: 0.40 Gew.-%, Selen: 0.10 Gew.-%, Silizium: 0.60 Gew.-%, Tellur: 0.10 Gew.-%, Titan: 0.05 Gew.-%, Vanadium: 0.10 Gew.-%, Wolfram: 0.30 Gew.-%, sonstige (ohne C; P; S und N) jeweils 0.10 Gew.-%.

[0020] Als "Härte" wird vorliegend die nach Norm DIN EN ISO 6507-1:2018 bis -4:2018 bestimmte Vickershärte bezeichnet.

[0021] Wie es sich gezeigt hat, kann durch Verwendung eines Laserlichtstrahls ein zeitlich als auch örtlich kontrollierter Energieeintrag in den zu bearbeitenden Abschnitt der Rakel aus herkömmlichem Kohlenstoffstahl erreicht werden. Damit wird im Gegensatz zu anderen Härtungsverfahren eine lokal begrenzte Härtung ermöglicht. Dies zudem ohne dass teure Legierungsstähle verwendet werden müssten. Rakel aus Kohlenstoffstahl lassen sich einerseits gut durch Laserlichtstrahlen härten und verfügen andererseits über ausgezeichnete mechanische Eigenschaften bei Anwendungen in der Drucktechnik und der Papierherstellung.

[0022] Die Härtung mit einem Laserlichtstrahl ermöglicht es insbesondere, den Grundkörper der Rakel unverändert zu belassen und lediglich die Arbeitskante an den gewünschten Stellen zu bearbeiten. Der zu bearbeitende Abschnitt der Rakel kann vom Randbereich her bis in tiefere Bereiche unterhalb der Oberfläche gehärtet werden. Je nach Prozessparametern und Struktur der Rakel können dabei lediglich der Randbereich gehärtet werden oder die darunter liegenden Bereiche der Rakel werden ebenfalls gehärtet. Damit lassen sich die mechanischen Eigenschaften der Rakel gezielt anpassen und steuern.

[0023] Während dem Bearbeitungsvorgang kann aufgrund der gezielten Bearbeitung mit Laserlichtstrahlen der Energieeintrag derart kontrolliert werden, dass trotz der Härtung verhindert wird, dass es zu unerwünschten Verformungen der Rakel während dem Bearbeiten bzw. der Härtvorgang kommt. Dies ist einer der grossen Vorteile der vorliegenden Erfindung. Entsprechend verfügen die Rakel auch nach dem Bearbeitungsvorgang über klar definierte Arbeitskanten.

[0024] Das Verfahren ist zudem sehr flexibel, da dieses durch Anpassung der Prozessparameter für verschiedene Rakeltypen oder Rakelgeometrien verwendet

werden kann. Aufgrund der Möglichkeit der Bearbeitung von Endlos-Rakelbändern erlaubt das Verfahren des Weiteren eine sehr wirtschaftliche Bearbeitung der Rakel, da die Rakel z.B. direkt nach der Produktion in einem weiteren Prozessschritt gehärtet werden können.

[0025] Besonders bevorzugt wird der Laserlichtstrahl während der Bearbeitung kontinuierlich über den zu bearbeitenden Abschnitt auf der Arbeitskante bewegt.

[0026] "Kontinuierlich bewegt" meint vorliegend, dass Laserlichtstrahl während der Bearbeitung ohne Unterbruch, bevorzugt mit gleichbleibender Geschwindigkeit, über den gesamten zu bearbeitenden Bereich der Arbeitskante bewegt wird.

[0027] Die Bewegung des Laserlichtstrahls über den zu bearbeitenden Abschnitt kann prinzipiell (i) durch eine räumliche Bewegung der Rakel bei fixiertem Laserlichtstrahl, (ii) durch eine räumliche Bewegung des Laserstrahls, beispielsweise durch eine Umlenkoptik, bei fixierter Rakel oder (iii) durch eine gleichzeitige räumliche Bewegung von Rakel und Laserstrahl erreicht werden.

[0028] Wie es sich gezeigt hat, kann durch die kontinuierliche Bewegung des Laserlichtstrahls über den zu bearbeitenden Abschnitt auf der Arbeitskante ein besonders gleichmässiger Energieeintrag in den zu bearbeitenden Abschnitt der Rakel erreicht werden. Zugleich kann durch die kontinuierliche Relativbewegung ein stabiles Gleichgewicht zwischen Energieeintrag und Wärmeabfuhr erreicht werden, z.B. über die nicht bearbeiteten Bereiche der Rakel, über Wärmeabstrahlung und/oder durch zusätzliche Kühlvorrichtungen. Damit kann zusätzlich verhindert werden, dass es zu unerwünschten Verformungen der Rakel während dem Bearbeiten bzw. der Härtevorgang kommt.

[0029] Gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform werden die Prozessparameter und/oder die Bewegung des Laserlichtstrahls während der Bearbeitung über den zu bearbeitenden Abschnitt auf der Arbeitskante derart kontrolliert, dass eine Verformung der Rakel reduziert oder verhindert wird.

[0030] Bevorzugt beträgt eine Relativgeschwindigkeit zwischen Laserlichtstrahl und Arbeitskante in longitudinaler Richtung während dem Bearbeiten 0.5 - 5 m/min, insbesondere 0.8 - 4 m/min. Dies ermöglicht eine schnelle aber dennoch zuverlässige Bearbeitung der Arbeitskante.

[0031] Eine Leistung des Laserlichtstrahls liegt bevorzugt bei 5 - 50 W, insbesondere 10 - 30 W liegt. Damit lassen sich die typischerweise für Rakel verwendeten Materialien, wie z.B. Stahl, gut härten. Für andere Materialien oder spezielle Rakel können aber auch geringere oder grössere Leistungen geeignet sein.

[0032] Besonders bevorzugt handelt es sich beim Licht des Laserlichtstrahls um UV-Licht, sichtbares Licht oder Infrarotstrahlung. Eine Wellenlänge des Lichts liegt beispielsweise im Bereich von 150 nm - 3 µm, bevorzugt, 400 nm - 2.5 µm, im Besonderen 500 nm - 1.5 µm. Insbesondere bei geringen Wellenlängen kann die Oberfläche der Arbeitskante bei der Bearbeitung durch Ablation

zusätzlich strukturiert werden. Höhere Wellenlängen sind besonders geeignet für den Fall, dass keine zusätzliche Strukturierung oder eine ablationsfreie Strukturierung erwünscht ist.

[0033] Gemäss einer möglichen Ausführungsform handelt es sich beim Laserlichtstrahl um einen Dauerstrich-Laserlichtstrahl. Ein Dauerstrich-Laserlichtstrahl, auch "Continuous-Wave Laserlichtstrahl" genannt, besteht aus Lichtwellen mit zeitlich konstanter Intensität. Dabei kann z.B. ein Diodenlaser oder ein Faserlaser verwendet werden.

[0034] Mit einem Dauerstrich-Laserlichtstrahl lassen sich im Besonderen grössere Abschnitte der Arbeitskante in kurzer Zeit gleichmässig härten. Ebenso lassen sich mehrere Rakel parallel härten, wenn der Fokus des Laserlichtstrahls ausreichend gross eingestellt wird.

[0035] In einer vorteilhaften Ausführungsform beträgt der Fokus des kontinuierlichen Dauerstrich-Laserlichtstrahls auf der Rakel beispielsweise 1 - 10 mm × 1 - 10 mm, insbesondere 2 - 5 mm × 5 - 8 mm.

[0036] Gemäss einer besonders bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim Laserlichtstrahl um einen gepulsten Lichtlaserstrahl. Ein gepulster Lichtlaserstrahl verfügt über eine pulsierende Intensität der Lichtwellen.

[0037] Wie es sich überraschend herausgestellt hat, bietet die Verwendung von gepulsten Lichtlaserstrahlen vorliegend mehrere Vorteile. So kann der Energieeintrag in den zu bearbeitenden Abschnitt präziser kontrolliert werden. Damit lässt sich beispielsweise gezielt die Randschicht härten, während die darunter liegenden Bereiche die ursprüngliche Härte behalten. Auch möglich ist z.B. die Ausbildung einer graduellen Abnahme der Härte vom Randbereich in Richtung der darunter liegenden Bereiche. Dies ohne, dass es zu einer signifikanten Verformung der Rakel kommt.

[0038] Des Weiteren ermöglicht die Verwendung eines gepulsten Lichtlaserstrahls eine gezielte Strukturierung der Oberfläche der Arbeitskante. Damit lässt sich z.B. die Oberflächenspannung der Arbeitskante gezielt einstellen, insbesondere reduzieren. Wie es sich gezeigt hat, führt dies im Zusammenspiel mit der gesteigerten Härte zu einer starken Steigerung der Verschleissfestigkeit der Rakel bei zugleich verbesserten Abstreicheigenschaften.

[0039] Ohne an die Theorie gebunden zu sein, wird davon ausgegangen, dass die Strukturierung der Oberfläche im Zusammenspiel mit der gesteigerten Härte im Druckverfahren zu einer reduzierten Systemreibung zwischen Rakel, Zylinder und Druckfarbe führt. Als Grund hierfür wird vermutet, dass durch die Strukturierung der Oberfläche eine Reduzierung der Oberflächenspannung resultiert, was wiederum dazu führen dürfte, dass die Moleküle der Druckfarbe stärker miteinander in Wechselwirkung treten als mit der Arbeitskante der Rakel. Resultierend daraus scheint sich eine geringere Flüssigkeitsreibung zwischen Rakel und Druckfarbe zu ergeben.

[0040] Ebenfalls konnten negative anwendungstechnische Effekte, welche beim Druckvorgang zwischen Ra-

kel und Druckfarbe entstehen, minimiert werden. Im Speziellen konnten sämtliche anwendungstechnisch auftretenden Fehler minimiert werden, welche durch den Barus-Effekt und den Coanda-Effekt hervorgerufen werden.

[0041] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform werden die Pulsparameter des gepulsten Laserlichtstrahls so gewählt, dass lokal eine Härtung der Randschicht bewirkt wird und/oder periodisch verteilte Vertiefungen und/oder Erhebungen in der Oberfläche der Randschicht gebildet werden. Besonders bevorzugt wird sowohl die Randschicht gehärtet als auch die Oberfläche durch periodisch verteilte Vertiefungen und/oder Erhebungen strukturiert.

[0042] Besonders bevorzugt wird das Verfahren derart durchgeführt, dass der Laserlichtstrahl die Arbeitskante der Rakel zumindest im zu bearbeitenden Abschnitt abtastet, insbesondere in wenigstens zwei senkrecht zueinander stehenden Raumrichtungen. Damit lassen sich gezielt Strukturierungen in die Arbeitskante einbringen und die Härte erhöhen. Das Abtasten kann z.B. durch X-Ablenkeinheiten zur Ablenkung und Fokussierung von Laserstrahlen in einer Dimension oder durch XY-Ablenkeinheiten zur Ablenkung und Fokussierung von Laserstrahlen in zwei Dimensionen erreicht werden. Geeignet sind z.B. sogenannte Galvanometer-Scanner mit Spiegeln.

[0043] Eine Tastgeschwindigkeit des Laserlichtstrahls liegt bevorzugt bei 1'000 - 10'000 mm/s.

[0044] Eine Repetitionsrate der Laserpulse liegt beispielsweise bei 100 - 500 kHz.

[0045] Ein Fokusdurchmesser des gepulsten Laserlichtstrahls am Auftreffpunkt auf der Rakel beträgt mit Vorteil 1 - 100 μm , insbesondere 10 - 50 μm . Damit lassen sich auch relativ feine Strukturen in den Oberflächen der Arbeitskante erzeugen und die Härtung der Arbeitskante lässt sich räumlich sehr genau definieren.

[0046] Bevorzugt wird das Verfahren durch eine Steuereinheit kontrolliert, wobei die Steuereinheit die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserlichtstrahl und Arbeitskante, die Tastgeschwindigkeit, der Pulsdauer und/oder die Repetitionsrate des Laserlichtstrahls aufeinander abstimmt und kontrolliert.

[0047] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform wird die Arbeitskante der Rakel derart mit dem Laserlichtstrahl bearbeitet, dass eine, einer bearbeiteten Seite der Arbeitskante gegenüberliegende Seite unbearbeitet bleibt. Mit anderen Worten wird die Rakel an einer ersten Seite und allenfalls stirnseitig bearbeitet, nicht aber an der der ersten Seite gegenüber liegenden zweiten Seite der Arbeitskante.

[0048] Wie sich gezeigt hat, kann die Seite der Arbeitskante welche zuerst mit dem Laser strukturiert und/oder gehärtet wurde bei der Bearbeitung der gegenüberliegenden Seite durch den erneuten Eintrag von thermischer Energie in das Substrat zuvor gewonnene Härte zumindest teilweise wieder verlieren.

[0049] Zur Umgehung dieses Effekts können beide

Seiten simultan bearbeitet werden, so dass der Energieeintrag auf zeitlicher Ebene gleichmässig verteilt wird. In diesem Fall kann es nützlich sein, den Energieeintrag zu senken und/oder die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserlichtstrahl und Arbeitskante zu erhöhen, um Verformungen der Rakel zu vermeiden. Dies hat jedoch den Nachteil, dass die Oberflächenstrukturierung und die Randschichttiefe nur beschränkt kontrolliert werden können. Dieser Nachteil kann hingegen durch Verwendung eines Kühlsystems neutralisiert werden.

[0050] Verformungen bei simultaner Bearbeitung der beiden Seiten der Arbeitskante dürften darauf zurückzuführen sein, dass der beidseitige, simultan ablaufende Energieeintrag von thermischer Energie in das Substrat doppelt so hoch ist wie der vergleichbare zeitlich versetzte Eintrag von Energie in das Substrat.

[0051] Empirisch gewonnene Daten zeigen aber, dass eine einseitige Oberflächenstrukturierung und/oder Randschichthärtung der Arbeitskante hinsichtlich Verschleissfestigkeit und Abstreifverhalten völlig ausreichend ist, wenn die dem Druckzylinder zugewandte Seite der Arbeitskante erfindungsgemäss bearbeitet wird. Es konnten keinerlei Nachteile gegenüber einer Rakel mit beidseitiger Behandlung festgestellt werden. Dagegen wird die Bearbeitung der Rakel deutlich vereinfacht und wirtschaftlicher.

[0052] Gemäss vorteilhaften Verfahren wird die Rakel während der Bearbeitung kontinuierlich von einer Vorratshaspel abgewickelt, in abgewickeltem Zustand mit dem Laserlichtstrahl auf der Oberseite oder auf der Unterseite bearbeitet und bevorzugt sodann auf einer separaten Aufrollhaspel aufgewickelt wird. Dadurch lassen bereits aufgewickelte Endlos-Rakelbänder zu einem beliebigen Zeitpunkt bearbeiten. Die eigentliche Bearbeitung erfolgt aber in abgewickelten Zustand, was den Vorteil hat, dass die Arbeitskante allseitig zugänglich ist.

[0053] Dabei kann es vorteilhaft sein, zwei Rakel parallel nebeneinander je von einer Vorratshaspel abzuwickeln, in abgewickeltem Zustand parallel nebeneinander zu führen und mit dem Laserlichtstrahl auf der Oberseite oder auf der Unterseite zu bearbeiten und danach bevorzugt auf je auf einer separaten Aufrollhaspel aufzuwickeln. Die Rakel werden dabei bevorzugt so nebeneinander geführt, dass die zu bearbeitenden Arbeitskanten einander zugewandt sind. Dies hat den Vorteil, dass der Laserlichtstrahl die beiden Rakeln gleichzeitig bearbeiten kann, wodurch insbesondere der Durchsatz erhöht werden kann. Prinzipiell können die beiden Rakeln dabei mit identischen oder unterschiedlichen Parametern bearbeitet werden.

[0054] In einer weiteren und besonders vorteilhaften Ausführungsform wird die Rakel in rollenförmig aufgewickeltem Zustand bearbeitet. Dabei ist es möglich, die Rakel beispielsweise auf einen zylindrischen Wickelkörper aufzuwickeln.

[0055] Eine Bearbeitung in einem rollenförmig aufgewickelten Zustand minimiert einerseits den Platzbedarf. Andererseits bildet die Rakel einen kompakten Körper

aus aufeinander liegenden Lagen. Dies ermöglicht es, die bei der Bearbeitung entstehende Wärme effektiv zu verteilen und abzuführen, wodurch die Problematik der Verformung reduziert oder verhindert wird.

[0056] Bevorzugt wird die Rakel spiralförmig aufgewickelt und in Form eines Zylinders vorliegend aus einer Richtung parallel oder schräg zur Zylinderachse mit dem Laserlichtstrahl bearbeitet. Damit kann die Rakel insbesondere im Bereich der Stirnseite der Arbeitskante bearbeitet werden. Im Besonderen ist es dabei auch möglich, mehrere Abschnitte der Arbeitskante gleichzeitig zu bearbeiten.

[0057] Insbesondere wird die spiralförmig aufgewickelte Rakel während der Bearbeitung um die Zylinderachse rotiert und bevorzugt zugleich der Laserlichtstrahl entlang einer Durchmesserlinie der zylindrisch aufgewickelten Rakel bewegt, insbesondere so, dass der Laserlichtstrahl die Arbeitskante der aufgewickelten Rakel entlang der gesamten longitudinalen Länge bearbeitet.

[0058] Gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden zwei separate Rakeln spiralförmig in Form eines Zylinders gegenläufig ineinander aufgewickelt. Dabei werden die beiden Rakel bevorzugt so ausgerichtet, dass die Arbeitskanten der beiden separaten Rakel im aufgewickelten Zustand voneinander abgewandt sind. Die Arbeitskante der einen Rakel ist dann Bestandteil der einen Stirnseite des Zylinders, während die Arbeitskante der zweiten Rakel Bestandteil der gegenüberliegenden Stirnseite des Zylinders ist.

[0059] Bevorzugt werden die beiden Stirnseiten des Zylinders aus einer Richtung parallel oder schräg zur Zylinderachse mit Laserlichtstrahlen aus zwei separaten Laserlichtquellen bearbeitet. Damit können beide Rakeln gleichzeitig bearbeitet werden. Hierbei ist es wiederum möglich, die Bearbeitung der Rakel mit identischen oder unterschiedlichen Parametern durchzuführen.

[0060] Eine weitere und besonders vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass die Rakel schraubenförmig um die Mantelfläche eines zylindrischen Wickelkerns aufgewickelt ist, so dass die Arbeitskante der Rakel eine konische Spirale bildet und entlang deren gesamten aufgewickelten Länge aus einer Richtung senkrecht zur Mantelfläche des Wickelkerns zumindest teilweise freiliegt. Je nach Steigung der gebildeten konischen Spirale liegt dabei ein grösserer oder kleiner Teil der Arbeitskante frei.

[0061] Bevorzugt wird die Rakel dabei aus einer Richtung senkrecht oder schräg zur Mantelfläche mit Laserlicht bearbeitet. Damit kann die Arbeitskante stirnseitig und/oder im Bereich der Unterseite oder Oberseite der Rakel bearbeitet werden.

[0062] Im Besonderen wird der Wickelkern mit der schraubenlinienförmig aufgewickelten Rakel während der Bearbeitung um die Zylinderachse rotiert und insbesondere zugleich der Laserlichtstrahl entlang einer Richtung parallel oder schräg zur Zylinderachse bewegt. Dies ermöglicht es, dass der Laserlichtstrahl die Arbeitskante

der aufgewickelten Rakel entlang der gesamten longitudinalen Länge bearbeitet.

[0063] Falls ein Wickelkern vorliegt, wird dieser in einer möglichen Ausführungsform während der Bearbeitung mit dem Laserlichtstrahl gekühlt. Damit kann die Wärmeabfuhr zusätzlich gesteigert und kontrolliert werden. Zwingend ist eine Kühlung aber nicht.

[0064] Weiter kann es bevorzugt sein, wenn die Arbeitskante der Rakel nach dem Bearbeiten mit dem Laserlichtstrahl zumindest im bearbeiteten Abschnitt mit einer zusätzlichen Beschichtung überzogen wird. Beispielsweise handelt es sich dabei um eine verschleissmindernde und/oder eine reibungsreduzierende Beschichtung. Die Beschichtung kann z.B. eine Metallbeschichtung, eine Hartstoffbeschichtung, eine Keramikbeschichtung oder eine Polymerbeschichtung sein. Mit derartigen Beschichtungen kann die Rakel weiter für spezielle Anwendungen angepasst werden. Wie sich überraschend gezeigt hat, kann eine erfindungsgemäss an der Oberfläche strukturierte Rakel dabei eine Haftschrift und/oder Zwischenlage bilden, so dass die zusätzliche Beschichtung besser haftet.

[0065] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Rakel, insbesondere zum Abrakeln von Druckfarbe auf einem Druckzylinder, umfassend einen flachen und länglichen Grundkörper aus Kohlenstoffstahl mit einem Befestigungsbereich und einer in einer longitudinalen Richtung ausgebildeten Arbeitskante, wobei die Arbeitskante zumindest in einem Abschnitt eine durch Laserhärtung erhältliche, gehärtete Randschicht aufweist.

[0066] Insbesondere weist die gehärtete Randschicht eine höhere Härte auf als der Befestigungsbereich der Rakel.

[0067] Gemäss einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Arbeitskante zusätzlich zur gehärteten Randschicht einen darunter liegenden inneren Bereich auf, welcher eine geringere Härte aufweist als die Randschicht. In dieser Ausführungsform ist somit lediglich die Randschicht der Arbeitskante gehärtet.

[0068] Der Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte besteht im Wesentlichen aus dem gleichen Material wie die übrigen Bereiche des Grundkörpers der Rakel, insbesondere der Befestigungsbereich und/oder die unter der gehärteten Randschicht liegenden Bereiche der Arbeitskante. Typischerweise unterscheidet sich der Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte dadurch von anderen Bereichen, dass das Material eine andere Gefügestruktur und/oder Mikrostruktur aufweist, welche durch den Laserhärtungsvorgang erzeugt wurde. Im Besonderen unterscheidet sich die chemische Zusammensetzung des Materials im Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte nicht wesentlich oder nicht von der Zusammensetzung der anderen Bereiche.

[0069] Die Rakel ist insbesondere erhältlich durch ein erfindungsgemässes Verfahren wie es vorstehend beschrieben ist.

[0070] Der Abschnitt der Randschicht mit der höheren

Härte ist mit Vorteil durch Laserhärtung oder durch Bestrahlung des Abschnitts mit einem Laserlichtstrahl, insbesondere einem gepulsten Laserlichtstrahl, erhältlich oder erzeugt worden. Dabei werden insbesondere Laserlichtstrahlen verwendet wie sie vorstehend im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Verfahren beschrieben sind.

[0071] Eine Härte des Abschnitts der Randschicht mit der höheren Härte ist bevorzugt 1.1 - 10 mal, insbesondere 1.5 - 5 mal, so gross ist wie die Härte des darunter liegenden Bereiches der Arbeitskante und/oder des Befestigungsbereichs.

[0072] Insbesondere weist die Randschicht mit der höheren Härte eine Schichtdicke von 2 - 20 μm , bevorzugt 3 - 10 μm , auf.

[0073] Damit lässt sich die Verschleissfestigkeit der Arbeitskante der Rakel stark erhöhen, ohne dass die mechanischen Eigenschaften der Rakel beeinträchtigt werden.

[0074] Gemäss einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Oberfläche der äusseren Randschicht im Abschnitt mit der höheren Härte periodisch angeordnete Vertiefungen und/oder Erhebungen auf. Besonders bevorzugt sind die periodisch angeordneten Vertiefungen und/oder Erhebungen über die gesamte Oberfläche der äussersten Randschicht im Abschnitt mit der höheren Härte verteilt.

[0075] Insbesondere weisen die Vertiefungen und/oder Erhebungen einen mittleren Abstand (R_{Sm} -Wert) von 5 - 100 μm , insbesondere 10 - 50 μm , auf. Die Bestimmung des mittleren Abstands (R_{Sm} -Wert) erfolgt dabei nach der Norm ISO 4287:2010.

[0076] Besonders bevorzugt weist die Oberfläche mit den periodisch verteilten Vertiefungen und/oder Erhebungen eine Rauigkeit, ausgedrückt als arithmetische mittlere Abweichung (R_a), von 10 - 500 μm , insbesondere 150 - 300 μm , auf. Die Bestimmung der mittleren Abweichung (R_a) erfolgt dabei nach der Norm ISO 4287:2010.

[0077] Gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte und, falls vorhanden mit den periodisch verteilten Vertiefungen und/oder Erhebungen, mit einer zusätzlichen Beschichtung überzogen. Die zusätzliche Beschichtung ist dabei insbesondere wie vorstehend im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Verfahren erläutert aufgebaut und zusammengesetzt.

[0078] Gemäss einer weiteren und besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte und, falls vorhanden, mit den periodisch verteilten Vertiefungen und/oder Erhebungen, frei von einer zusätzlichen Beschichtung.

[0079] Ein besonderer Vorteil der Kombination von Oberflächenstrukturierung und Randschichthärtung mit gegenüber konventionellen Schichtsystemen zur Minimierung von Verschleiss ist folgender: Es erfolgt kein zusätzlicher Materialauftrag, wie bei konventionellen Beschichtungen, welche immer einen zusätzlichen Materi-

alauftrag erzeugen. Somit können sehr dünne Lamellen hergestellt werden. Daraus resultieren wiederum kleinere Kontaktzonen, welche weniger Adhäsion zwischen Rakel und Zylinder erzeugen. Somit wird zusätzlich zur Minimierung der Flüssigkeitsreibung zwischen Rakel und Farbe, auch die Adhäsion zwischen Rakel und Zylinder verkleinert. Gleichzeitig schützt die gehärtete Randschicht vor abrasiven Verschleiss, ohne dabei jedoch die Kontaktzone durch zusätzlichen Materialauftrag zu vergrössern. Daraus resultiert ebenfalls eine Minimierung der Scherverzähung im Scherspalt.

[0080] Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0081] Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 eine erste Anordnung zum parallelen Bearbeiten von zwei Rakeln in einer Seitenansicht;
- Fig. 2 die Anordnung aus Fig. 1 von oben;
- Fig. 3 die erste Anordnung während dem Bearbeitungsvorgang entlang der Linie A - A in Fig. 2;
- Fig. 4 eine zweite Anordnung zum Bearbeiten einer in Form einer Rolle aufgewickelten Rakel in einer perspektivischen Ansicht;
- Fig. 5 den spiralförmigen Verlauf der Arbeitskante der aufgewickelten Rakel aus Fig. 4;
- Fig. 6 die aufeinanderliegenden Ober- und -Unterseiten der Rakel in der aufgewickelten Rolle aus Fig. 4;
- Fig. 7 eine dritte Anordnung zum Bearbeiten einer auf einem hohlzylindrischen Wickelkern aufgewickelten Rakel in einer perspektivischen Ansicht;
- Fig. 8 die Anordnung aus Fig. 7 in einer Schnittdarstellung entlang der Linie A - A;
- Fig. 9 der konisch spiralförmige Verlauf der Arbeitskante der Rakel aus Fig. 7;
- Fig. 10 eine vierte Anordnung zur gleichzeitigen Bearbeitung von zwei Rakeln, welche von zwei separaten Spulen über Umlenkspulen spiralförmig in Form eines Zylinders gegenläufig ineinander aufgewickelt werden in einer Seitenansicht;

- Fig. 11 die Anordnung aus Fig. 10 in einer Aufsicht entlang der Laufrichtung der einen Rakel;
- Fig. 12 Die Anordnung der Rakel aus Fig. 10 mit entgegen gesetzt angeordneten Arbeitskanten;
- Fig. 13 ein Schliffbild der Arbeitskante einer erfindungsgemäss mit einem gepulsten Laser bearbeiteten Lamellenrakel aus Kohlenstoffstahl;
- Fig. 14 die Oberfläche der Arbeitskante einer weiteren erfindungsgemäss mit einem gepulsten Laser bearbeiteten Lamellenrakel aus Kohlenstoffstahl mit kraterförmigen Strukturen;
- Fig. 15 die Oberfläche der Arbeitskante einer weiteren erfindungsgemäss mit einem gepulsten Laser bearbeiteten Lamellenrakel aus Kohlenstoffstahl mit schuppenartigen Strukturen;
- Fig. 16 ein Schliffbild der Arbeitskante einer erfindungsgemäss mit einem kontinuierlichen Laser bearbeiteten Rakel.

[0082] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0083] Fig. 1 zeigt eine erste Anordnung 10 zum Bearbeiten von Rakeln in einer Seitenansicht. Fig. 2 zeigt die Anordnung 10 von oben.

[0084] Die Anordnung 10 beinhaltet eine Abwickelhaspel 11 mit zwei Spulen 11a und 11b. Auf den beiden Spulen 11a und 11b ist je eine Rakel 16a, 16b, z.B. je eine Lamellenrakel aus einem Kohlenstoffstahl, aufgewickelt. Zum Laserhärten der Rakel 16a, 16b, werden die Rakel parallel nebeneinander durch eine Bandreinigungsvorrichtung 13 und danach an einer Laserbearbeitungsstation 14 vorbei zu einer Aufwickelhaspel 12 geführt. Die Aufwickelhaspel 12 verfügt über zwei Spulen 12a, 12b zur Aufnahme der Rakel 16a, 16b. Das Laserbearbeitungssystem 14 beinhaltet eine Laserlichtquelle 14.1, z.B. einen gepulsten Faserlaser, mit einem nachgeordneten Galvanometer-Scanner, mit welchem sich der Laserstrahl räumlich bewegen lässt.

[0085] Im Betrieb emittiert das Laserbearbeitungssystem 14 einen Laserlichtstrahl 15, insbesondere einen gepulsten Laserlichtstrahl, welcher auf die zu bearbeitenden Arbeitskanten 16a.1, 16b.1 der Rakel 16a, 16b trifft. Dabei können die Rakel im Bereich der Arbeitskante 16a.1, 16b.1 gehärtet und bei Bedarf zugleich an der Oberfläche strukturiert werden.

[0086] Fig. 3 zeigt die Anordnung 10 während dem Bearbeitungsvorgang entlang der Linie A - A in Fig. 2. Die Lamellenrakel 16a, 16b werden dabei an der Unterseite der Arbeitskanten 16a.1, 16b.1 sowie an den daran an-

schliessenden Stirnseiten bearbeiten.

[0087] Fig. 4 zeigt eine zweite Anordnung 20 zum Bearbeiten einer in Form einer Rolle 21 aufgewickelten Rakel 26 in einer perspektivischen Ansicht.

[0088] Die aufgewickelte Rakel 21 wird zum Bearbeiten um die Zylinderachse der Rolle 21 rotiert und aus einer Richtung parallel zur Zylinderachse durch einen aus der dem Laserbearbeitungssystem 24 austretenden Laserlichtstrahl 25 bearbeitet. Das Laserbearbeitungssystem 24 beinhaltet eine Laserlichtquelle 24.1, z.B. eine gepulste Laserlichtquelle, sowie eine Bewegungsvorrichtung 24.2 zum Verschieben der Laserlichtquelle 24.1 entlang des Durchmessers der Rolle 21.

[0089] Fig. 5 zeigt den spiralförmigen Verlauf der Arbeitskante 26.1 der aufgewickelten Rakel 26. Die Ober- und -Unterseiten der Rakel 26 liegen dabei wie in Fig. 6 gezeigt direkt aufeinander, so dass die Arbeitskante 26.1 der Rakel 26 nach oben zeigt. Durch eine Rotation der Rakel 26 bzw. der Rolle 21 und zugleich einer Bewegung des Laserbearbeitungssystems 24 entlang des Durchmessers der Rolle 21 kann die Arbeitskante 26.1 entlang deren gesamten Länge stirnseitig bearbeitet werden.

[0090] Fig. 7 zeigt eine dritte Anordnung 30 zum Bearbeiten einer auf einem hohlzylindrischen Wickelkern 31 aufgewickelten Rakel 36 in einer perspektivischen Ansicht.

[0091] Die aufgewickelte Rakel 36 wird zum Bearbeiten um die Zylinderachse des Wickelkern 31 rotiert und aus einer Richtung senkrecht zur Zylinderachse bzw. der Mantelfläche des Wickelkerns 31 durch einen aus einem Laserbearbeitungssystem 34 austretenden Laserlichtstrahl 35 bearbeitet. Das Laserbearbeitungssystem 34 beinhaltet eine Laserlichtquelle 34.1, z.B. eine gepulste Laserlichtquelle, sowie eine Bewegungsvorrichtung 34.2 zum Verschieben der Laserlichtquelle 34.1 parallel zur Drehachse des Wickelkerns 31.

[0092] Die Rakel 36 ist so aufgewickelt, dass die Arbeitskante 36.1 der Rakel 36 eine konische Spirale bildet und entlang deren gesamten aufgewickelten Länge aus einer Richtung senkrecht zur Mantelfläche des Wickelkerns 31 zumindest teilweise freiliegt. Fig. 8 zeigt zur Verdeutlichung der Anordnung einen Schnitt entlang der Linie A - A aus Fig. 7. Der konisch spiralförmige Verlauf der Arbeitskante 36.1 ist in Fig. 9 schematisch dargestellt.

[0093] Durch eine Rotation des Wickelkerns 36 und zugleich einer Bewegung des Laserbearbeitungssystems 34 parallel zur Drehachse des Wickelkerns 31 kann die Arbeitskante 36.1 der Rakel 36 entlang deren gesamten Länge an der Unterseite sowie der schräg stehenden Stirnseite bearbeitet werden.

[0094] Fig. 10 zeigt eine vierte Anordnung 40 zur gleichzeitigen Bearbeitung von zwei Rakeln 46a, 46b, welche von zwei separaten Spulen 41a, 41b über Umlenkspulen 47a, 47b spiralförmig in Form eines Zylinders 42 gegenläufig ineinander aufgewickelt werden. Dabei werden die beiden Rakel 46a, 46b so ausgerichtet, dass die Arbeitskanten 46a.1, 46b.1 der beiden Rakel im auf-

gewickelten Zustand voneinander abgewandt sind. Dies ist in Fig. 12 dargestellt.

[0095] Die in Form des Zylinders 42 aufgewickelte Rakel 46a, 46b werden zum Bearbeiten um die Zylinderachse rotiert und aus entgegen gesetzten Richtungen je durch ein aus einem Laserbearbeitungssystem 44a, 44b austretenden Laserlichtstrahl 45a, 45b bearbeitet. Die Laserbearbeitungssysteme 44a, 44b beinhalten je eine Laserlichtquelle, z.B. eine gepulste Laserlichtquelle, sowie eine Bewegungsvorrichtung zum Verschieben der Laserlichtquelle entlang einer Richtung parallel zum Durchmesser des Zylinders 21 (angedeutet durch Pfeile).

[0096] Durch eine Rotation des Zylinders 41 und zugleich einer Bewegung der Laserbearbeitungssysteme 44a, 44b entlang der Richtung parallel zum Durchmesser des Zylinders 21 können die Arbeitskanten 46a.1, 46b.1 der beiden Rakel 46a, 46b unabhängig voneinander entlang deren gesamten Länge an den Stirnseiten bearbeitet werden.

[0097] Fig. 13 zeigt ein Schlibbild der Arbeitskante einer erfindungsgemäss mit einem gepulsten Laser bearbeiteten Lamellenrakel aus Kohlenstoffstahl. Für die Bearbeitung wurde gepulstes Laserlicht mit einer Wellenlänge von 1'064 nm, einer Pulsdauer von 500 ns, einer Leistung von 20 Watt, einem Fokusbereich von 30 μm und einer Scangeschwindigkeit von 3'500 mm/s verwendet. Der Arbeitsabstand zwischen Rakel und Laserlichtquelle betrug 176 mm und die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserlichtstrahl und Arbeitskante in longitudinaler Richtung 1 m/min.

[0098] Wie aus Fig. 13 ersichtlich ist, verfügt die Rakel an der bearbeiteten Unterseite (in Fig. 13 oben) und an der Stirnseite über eine mehrere Mikrometer dicke Randschicht, welche ein feinkörniges Gefüge aufweist (heller Bereich in Fig. 13). Härtemessungen haben gezeigt, dass die Härte der Randschicht bei ca. 900 HV 0.2 (Vickers-Härte) und damit deutlich höher als die darunter liegenden Bereiche des Grundkörpers der Rakel (ca. 650 HV 0.2) liegt.

[0099] Fig. 14 zeigt die Oberfläche der Arbeitskante einer weiteren erfindungsgemäss mit einem gepulsten Laser bearbeiteten Lamellenrakel aus Kohlenstoffstahl. Für die Bearbeitung wurde gepulstes Laserlicht mit einer Wellenlänge von 1'064 nm, einer Pulsdauer von 500 ns, einer Leistung von 20 Watt, einem Fokusbereich von 30 μm und einer Scangeschwindigkeit von 6'000 mm/s verwendet. Der Arbeitsabstand zwischen Rakel und Laserlichtquelle betrug 176 mm und die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserlichtstrahl und Arbeitskante in longitudinaler Richtung 2 m/min.

[0100] Deutlich zu erkennen sind die kraterförmigen, periodisch verteilten Vertiefungen und Erhebungen in der Oberfläche. Die Vertiefungen und Erhebungen weisen einen mittleren Abstand (RSm-Wert) nach ISO 4287:2010 von ca. 30 μm auf, während die Rauigkeit, ausgedrückt als arithmetische mittlere Abweichung (Ra), nach ISO 4287:2010 bei ca. 22 μm liegt.

[0101] Fig. 15 zeigt die Oberfläche der Arbeitskante einer weiteren erfindungsgemäss mit einem gepulsten Laser bearbeiteten Lamellenrakel aus Kohlenstoffstahl. Für die Bearbeitung wurde gepulstes Laserlicht mit einer Wellenlänge von 1'064 nm, einer Pulsdauer von 556 ns, einer Leistung von 20 Watt, einem Fokusbereich von 30 μm und einer Scangeschwindigkeit von 7'000 mm/s verwendet. Der Arbeitsabstand zwischen Rakel und Laserlichtquelle betrug 176 mm und die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserlichtstrahl und Arbeitskante in longitudinaler Richtung 1 m/min.

[0102] Deutlich zu erkennen sind die schuppenartigen, periodisch verteilten Vertiefungen und Erhebungen in der Oberfläche. Die Vertiefungen und Erhebungen weisen einen mittleren Abstand (RSm-Wert) nach ISO 4287:2010 von ca. 32 μm auf, während die Rauigkeit, ausgedrückt als arithmetische mittlere Abweichung (Ra), nach ISO 4287:2010 bei ca. 29 μm liegt.

[0103] Fig. 16 zeigt ein Schlibbild der Arbeitskante einer erfindungsgemäss mit einem kontinuierlichen Laser bearbeiteten Lamellenrakel aus Kohlenstoffstahl. Für die Bearbeitung wurde kontinuierliches Laserlicht mit einer Leistung von 60 Watt, einem Fokusbereich von 1'500 μm und einer Scangeschwindigkeit von 80 mm/s verwendet. Wie aus Fig. 16 ersichtlich ist, ist die Arbeitskante der Rakel über Länge von ca. 900 μm durchgehärtet (heller Bereich in Fig. 16), während der dahinter liegende Befestigungsbereich nicht gehärtet wurde.

[0104] Erfindungsgemäss hergestellte Rakel, insbesondere solche, welche mit gepulstem Laserlicht hergestellt wurden, haben sich gegenüber unbehandelten Rakeln als äusserst langlebig und qualitativ hochwertig herausgestellt. Im Besonderen erlauben die Rakel ein äusserst präzises Abstreifen von Druckfarbe in Druckprozessen. Dies während der gesamten Lebensdauer der Rakel.

[0105] Weiter wurden Versuche mit Kreppschabern durchgeführt. Beim Kreppvorgang treten in der Kontaktzone unterschiedliche Verschleissmechanismen auf. Zum einen der Reibungsverschleiss, welcher zwischen Trockenzylinder (Yankee Zylinder) und Kreppschaber entsteht. Zum anderen erzeugt die Papierbahn zusätzlichen Verschleiss, welcher beim Gleiten des Papiers über die Kante des Kreppschabers verursacht wird. Durch das erfindungsgemässe Laserhärten der Spitze der Kreppschaber entsteht eine Randschicht an der Kante des Kreppschabers mit hoher Härte, welche langfristig und effektiv vor Verschleiss schützt, welcher vom Papier verursacht wird. Wird nach dem Härten mit dem Laser zusätzliche eine keramische Verschleisschutzschicht aufgetragen, verfügt der Kreppschaber über einen Verschleisschutz gegen sämtliche Verschleissparameter beim Kreppvorgang.

[0106] Die vorstehend beschriebenen Verfahren und Rakeln sind lediglich als illustrative Beispiele zu verstehen, welche im Rahmen der Erfindung abgewandelt werden können.

[0107] So ist es z.B. möglich, den Einfallswinkel des

Laserlichtstrahls in den Anordnungen 10, 20, 30 und 40 anders, z.B. schräg in einem Winkel von beispielsweise 60°, zu wählen.

[0108] Ebenso lassen sich bei der Anordnung 40 z.B. zwei unterschiedliche Rakel bearbeiten und/oder die Prozessparameter bei der Laserbearbeitung werden für beide Laserbearbeitungssysteme 44a, 44b unterschiedlich eingestellt.

[0109] Anstelle der gezeigten Lamellenrakel, können auch anders geformte Rakel, Schaber oder Streichmesser mit den erfindungsgemässen Verfahren bearbeitet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung einer Rakel, insbesondere einer Rakel zum Abrakeln von Druckfarbe auf einem Druckzylinder, umfassend einen flachen und länglichen Grundkörper aus Kohlenstoffstahl mit einem Befestigungsbereich und einer in einer longitudinalen Richtung ausgebildeten Arbeitskante, wobei eine Randschicht der Arbeitskante der Rakel zumindest in einem zu bearbeitenden Abschnitt mit einem Laserlichtstrahl gehärtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 wobei der Laserlichtstrahl während der Bearbeitung kontinuierlich über den zu bearbeitenden Abschnitt auf der Arbeitskante bewegt wird, bevorzugt mit einer Relativgeschwindigkeit zwischen Laserlichtstrahl und Arbeitskante in longitudinaler Richtung von 0.5 - 5 m/min, insbesondere 0.8 - 4 m/min.
3. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 2, wobei es sich beim Laserlichtstrahl um einen gepulsten Lichtlaserstrahl handelt, bevorzugt mit einer Repetitionsrate der Laserpulse von 100 - 500 kHz.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Pulsenergie des gepulsten Laserlichtstrahls so gewählt wird, dass lokal eine Härtung der Randschicht bewirkt wird und zugleich periodisch verteilte Vertiefungen und/oder Erhebungen in der Oberfläche der Randschicht gebildet werden.
5. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 3 - 4, wobei ein Fokussdurchmesser des gepulsten Laserlichtstrahls am Auftreffpunkt auf der Rakel 1 - 100 µm, insbesondere 10 - 50 µm, beträgt.
6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 5, wobei die Arbeitskante derart mit dem Laserlichtstrahl bearbeitet wird, dass eine einer bearbeiteten Seite der Arbeitskante gegenüberliegende Seite unbearbeitet bleibt.

7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 6, wobei die Rakel während der Bearbeitung kontinuierlich von einer Vorratshaspel abgewickelt, in abgewickeltem Zustand mit dem Laserlicht auf der Oberseite oder auf der Unterseite bearbeitet wird und bevorzugt sodann auf einer separaten Aufrollhaspel aufgewickelt wird.

8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 6, wobei die Rakel in rollenförmig aufgewickeltem Zustand bearbeitet wird, und wobei:

a) die Rakel spiralförmig aufgewickelt und in Form eines Zylinders vorliegend aus einer Richtung parallel oder schräg zur Zylinderachse mit Laserlicht bearbeitet wird, wobei bevorzugt die spiralförmig aufgewickelte Rakel während der Bearbeitung um die Zylinderachse rotiert wird und bevorzugt zugleich der Laserstrahl entlang einer Durchmesserlinie der zylinderrförmig aufgewickelten Rakel bewegt wird; oder

b) zwei separate Rakel spiralförmig in Form eines Zylinders gegenläufig ineinander aufgewickelt werden, wobei die beiden Rakel so ausgerichtet werden, dass die Arbeitskanten der beiden separaten Rakel im aufgewickelten Zustand voneinander abgewandt sind, und von beiden Stirnseiten des Zylinders aus einer Richtung parallel oder schräg zur Zylinderachse mit Laserlicht aus zwei separaten Laserlichtquellen bearbeitet werden; oder

c) wobei die Rakel schraubenförmig um die Mantelfläche eines zylindrischen Wickelkerns aufgewickelt ist, so dass die Arbeitskante der Rakel eine konische Spirale bildet und entlang deren gesamten aufgewickelten Länge aus einer Richtung senkrecht zur Mantelfläche des Wickelkerns freiliegt, und aus der Richtung senkrecht oder schräg zur Mantelfläche mit Laserlicht bearbeitet wird und wobei bevorzugt der Wickelkern mit der schraubenlinienförmig aufgewickelten Rakel während der Bearbeitung um die Zylinderachse rotiert wird und insbesondere zugleich der Laserlichtstrahl entlang einer Richtung parallel oder schräg zur Zylinderachse bewegt wird.

9. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 - 8, wobei die Arbeitskante der Rakel nach dem Bearbeiten mit dem Laserlichtstrahl zumindest im bearbeiteten Abschnitt mit einer zusätzlichen Beschichtung überzogen wird, wobei es sich insbesondere um eine Hartstoffbeschichtung, bevorzugt CrN, handelt.
10. Rakel, insbesondere zum Abrakeln von Druckfarbe auf einem Druckzylinder, umfassend einen flachen und länglichen Grundkörper aus Kohlenstoffstahl mit

einem Befestigungsbereich und einer in einer longitudinalen Richtung ausgebildeten Arbeitskante, wobei die Arbeitskante zumindest in einem Abschnitt eine durch Laserhärtung erhältliche, gehärtete Randschicht aufweist.

5

11. Rakel nach Anspruch 10, wobei die Arbeitskante zusätzlich zur gehärteten Randschicht einen darunter liegenden inneren Bereich aufweist, welcher eine geringere Härte aufweist als die Randschicht, wobei der Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte im Wesentlichen aus dem gleichen Material wie der unter der gehärteten Randschicht liegende Bereich der Arbeitskante besteht, wobei insbesondere die Randschicht mit der höheren Härte eine Schichtdicke von 2 - 20 μm , bevorzugt 3 - 10 μm , aufweist. 10 15
12. Rakel nach wenigstens einem der Ansprüche 10 - 11, wobei die Härte des Abschnitts der Randschicht mit der höheren Härte 1.1 - 10 mal, insbesondere 1.5 - 5 mal, so gross ist wie die Härte des darunter liegenden Bereiches der Arbeitskante und/oder des Befestigungsbereichs. 20
13. Rakel nach wenigstens einem der Ansprüche 10 - 12, wobei eine Oberfläche der äusseren Randschicht im Abschnitt mit der höheren Härte periodisch verteilte Vertiefungen und/oder Erhebungen aufweist. 25 30
14. Rakel nach Anspruch 13, wobei der Abschnitt der Oberfläche mit den periodisch verteilten Vertiefungen und/oder Erhebungen eine Rauigkeit, ausgedrückt als arithmetische mittlere Abweichung (R_a) von 10 - 500 μm , insbesondere 150 - 300 μm , aufweist (ISO 4287:2010) und/oder wobei die Vertiefungen und/oder Erhebungen einen mittleren Abstand (R_{Sm} -Wert) von 5 - 100 μm , insbesondere 10 - 50 μm , aufweisen (ISO 4287:2010). 35 40
15. Rakel nach wenigstens einem der Ansprüche 10 - 14, wobei wenigstens der Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte und, falls vorhanden mit den periodisch verteilten Vertiefungen und/oder Erhebungen, mit einer zusätzlichen Beschichtung überzogen ist, wobei es sich insbesondere um eine Hartstoffbeschichtung, bevorzugt CrN, handelt. 45
16. Rakel nach wenigstens einem der Ansprüche 10 - 14, wobei der Abschnitt der Randschicht mit der höheren Härte und, falls vorhanden, mit den periodisch verteilten Vertiefungen und/oder Erhebungen, frei von einer zusätzlichen Beschichtung ist. 50 55

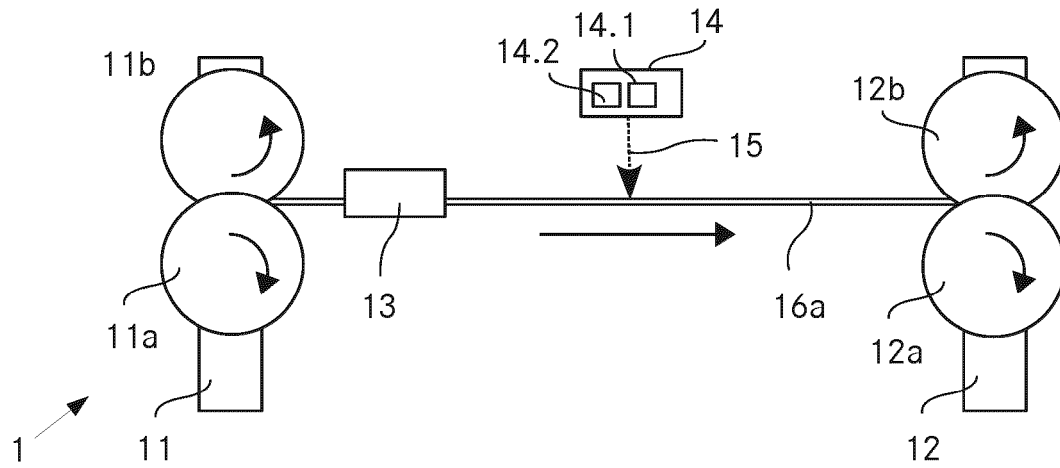


Fig. 1

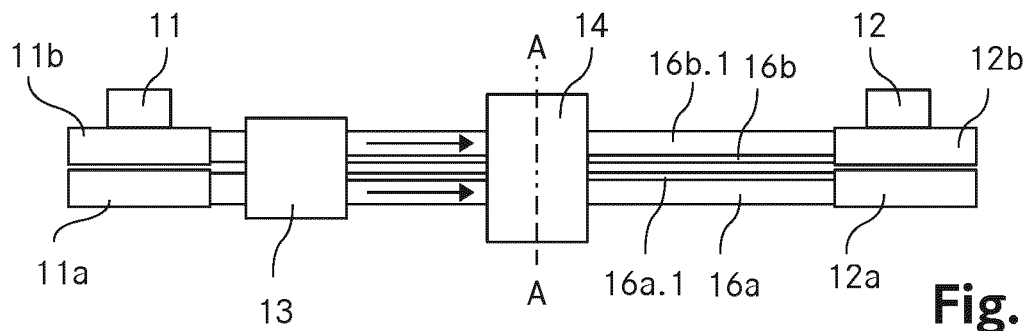


Fig. 2

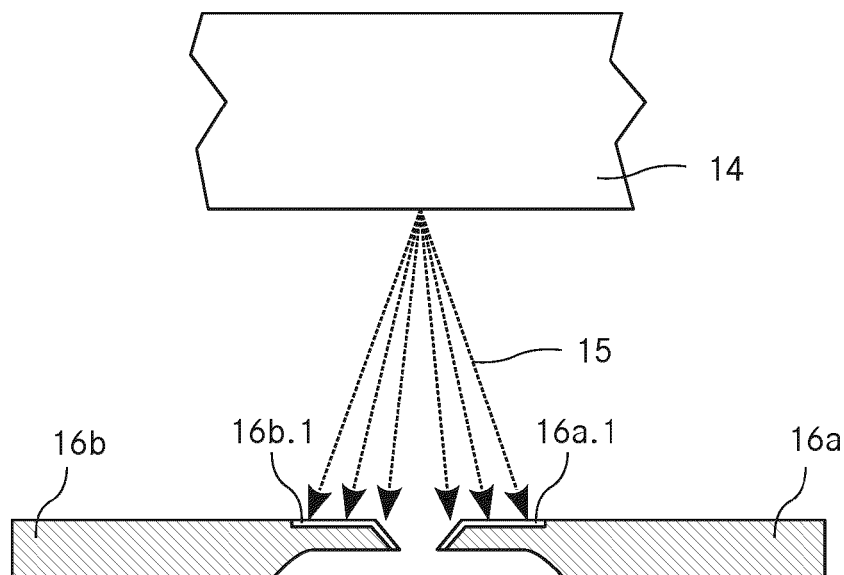


Fig. 3

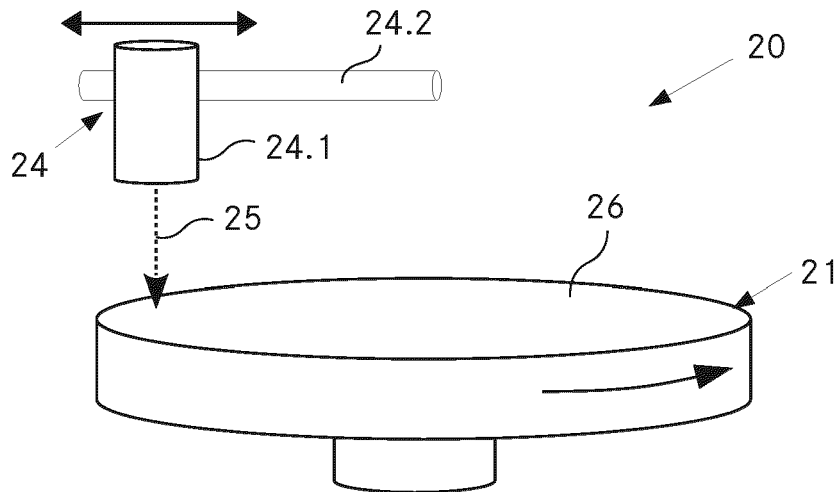


Fig. 4

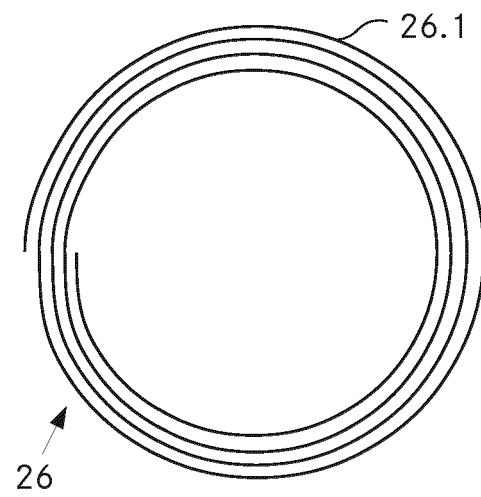


Fig. 5

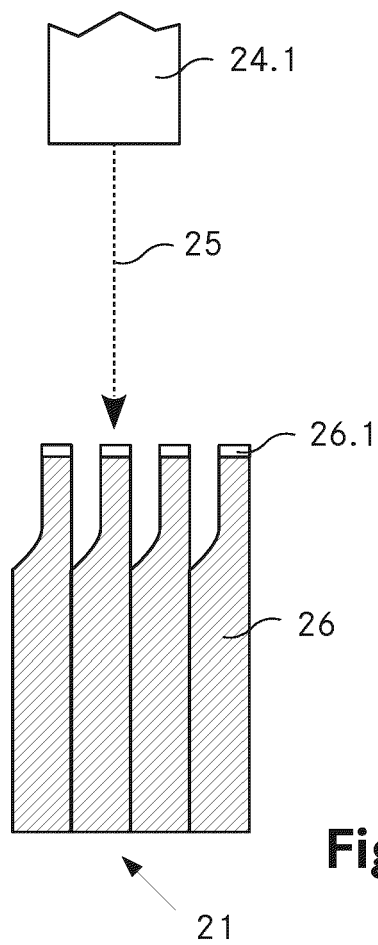


Fig. 6

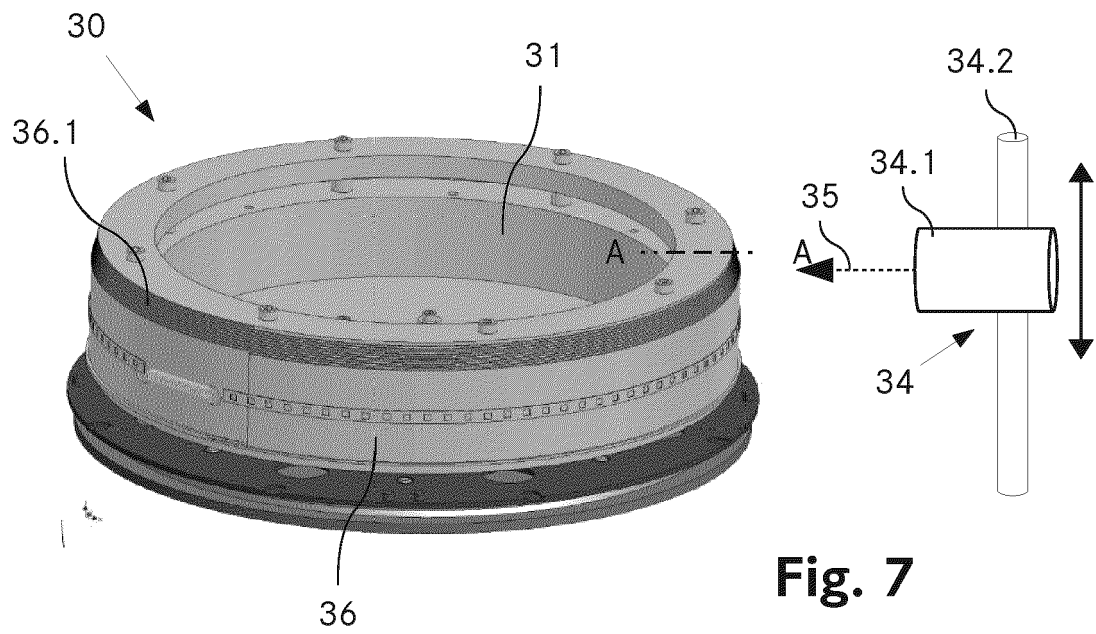


Fig. 7

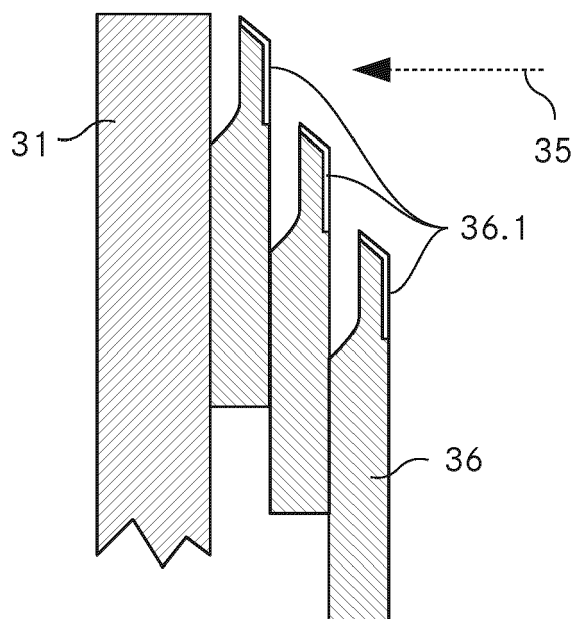


Fig. 8

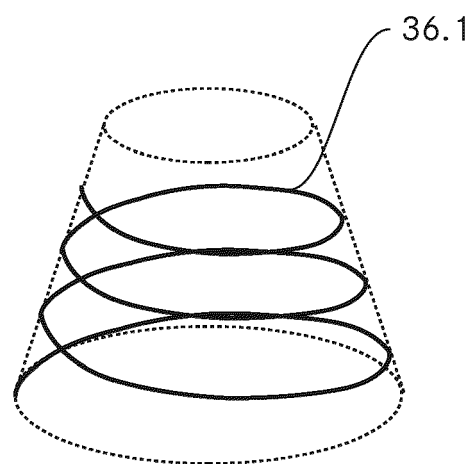


Fig. 9

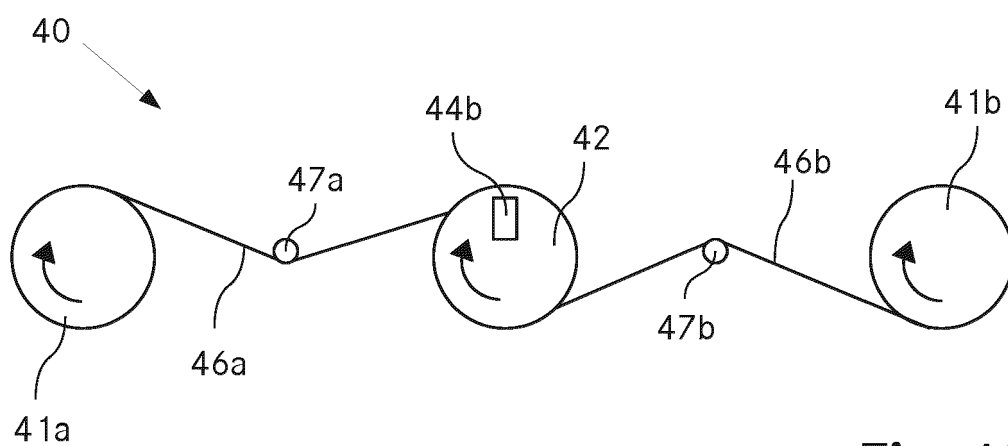


Fig. 10

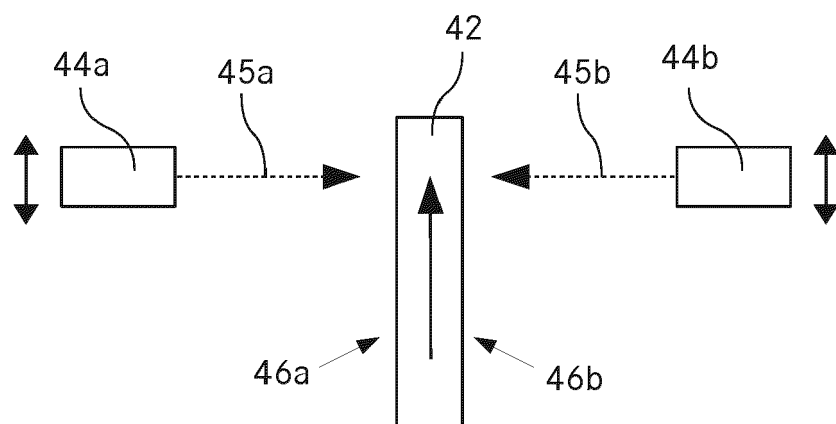


Fig. 11

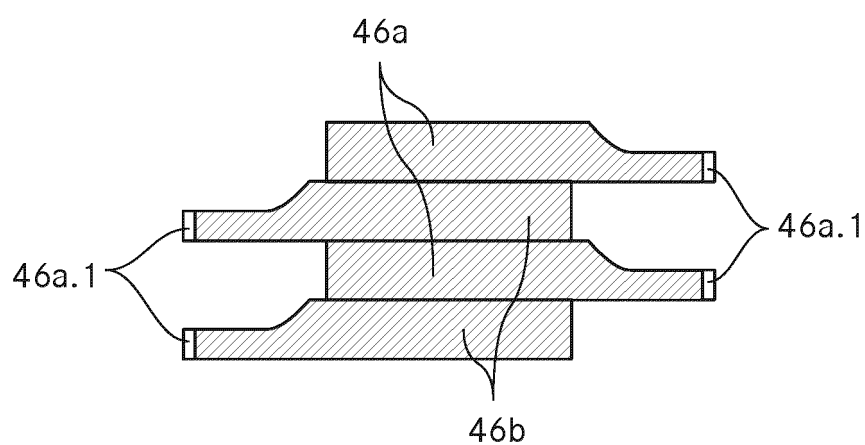


Fig. 12

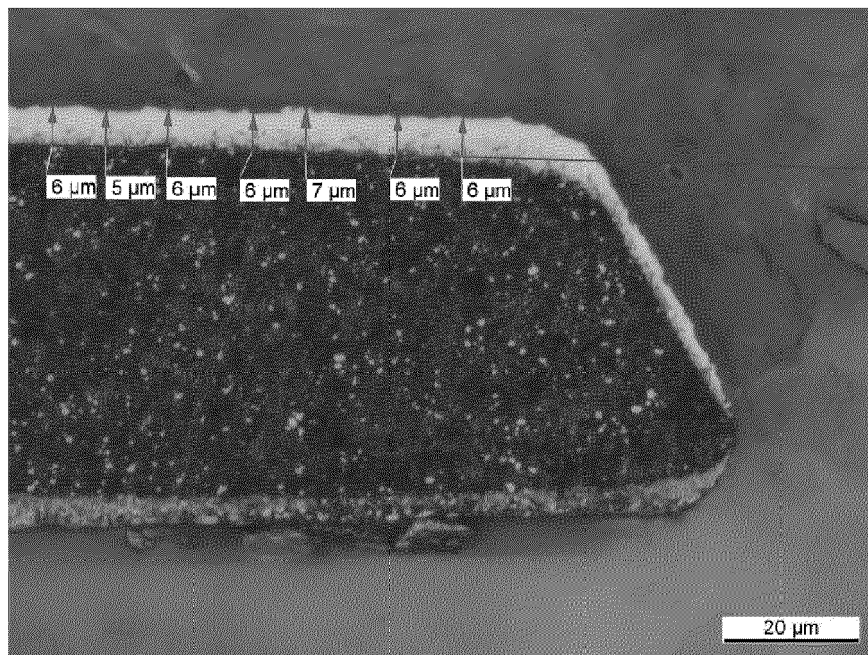


Fig. 13

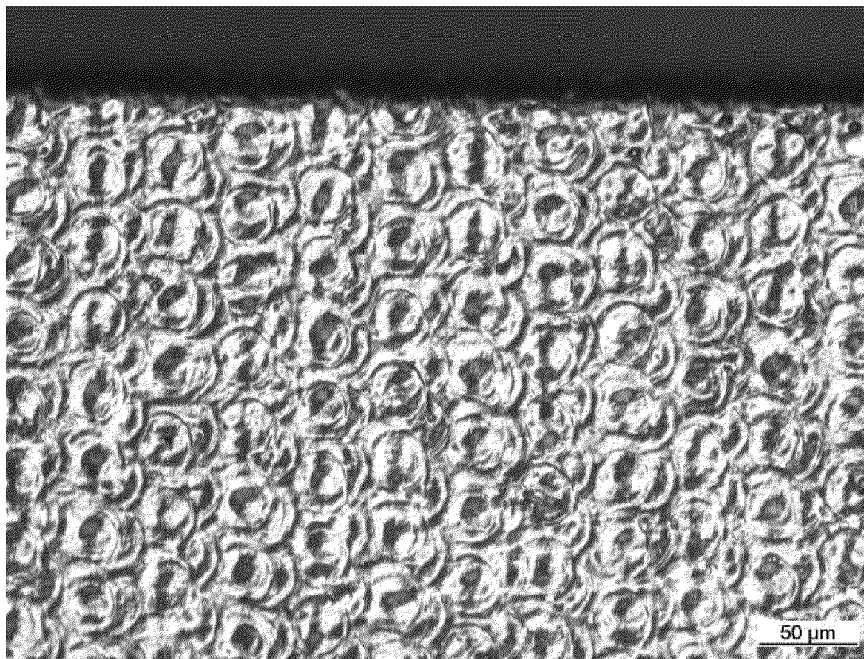


Fig. 14

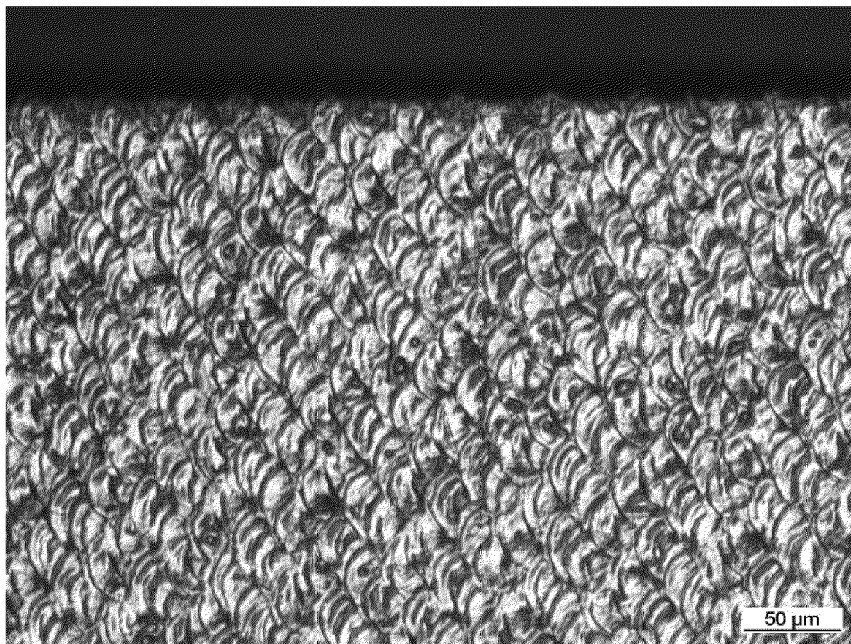


Fig. 15

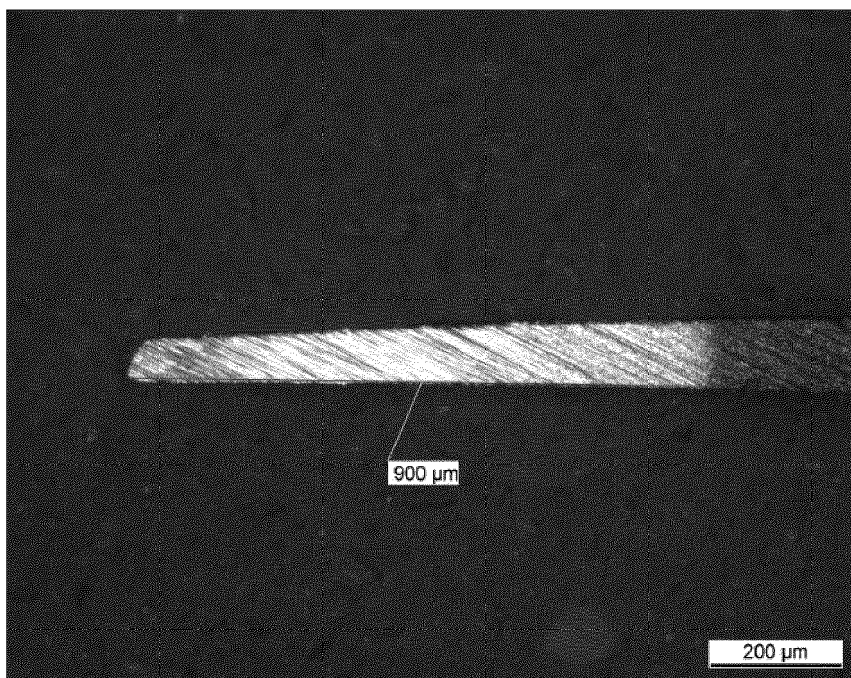


Fig. 16



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 20 18 5300

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	WO 2006/007984 A1 (BOEHLER UDDEHOLM PREC STRIP GM [AT]; DAXELMUELLER MANFRED [AT] ET AL.) 26. Januar 2006 (2006-01-26)	1-3,5-8, 10-12	INV. B41F9/10
Y	* Abbildungen 2,3,1 * * Seite 10, Zeilen 10-13 * * Seite 11, Zeilen 2-4 * * Seite 13, Zeilen 26-28 * * Seite 18, Zeilen 6-13 *	4,9, 13-16	
X,D	WO 92/06796 A1 (ZANDERS FEINPAPIERE AG [DE]) 30. April 1992 (1992-04-30) * Abbildungen 9-11 * * Seite 10, Absatz 1 - Seite 11, Absatz 1 *	1,6,10	
Y	WO 2011/088583 A1 (DAETWYLER SWISSTEC AG [CH]; BRUDERMANN HANS JOERG [CH] ET AL.) 28. Juli 2011 (2011-07-28) * Seite 2, Zeilen 15-21 * * Seite 26, Zeile 21 - Seite 38, Zeile 21 *	4,9, 13-16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B41F D21H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Dezember 2020	Prüfer Hajji, Mohamed-Karim
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 18 5300

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-12-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 2006007984 A1	26-01-2006	BR PI0513482 A CA 2573630 A1 CN 101128613 A DE 102004034905 A1 EP 1769098 A1 JP 2008506844 A KR 20070048197 A TW 200611984 A US 2008096037 A1 WO 2006007984 A1	06-05-2008 26-01-2006 20-02-2008 13-04-2006 04-04-2007 06-03-2008 08-05-2007 16-04-2006 24-04-2008 26-01-2006
20	WO 9206796 A1	30-04-1992	AT 128385 T CA 2071948 A1 DE 4033481 A1 EP 0506911 A1 FI 922813 A JP H05504511 A WO 9206796 A1	15-10-1995 21-04-1992 23-04-1992 07-10-1992 17-06-1992 15-07-1993 30-04-1992
25	WO 2011088583 A1	28-07-2011	BR 112012018078 B1 CN 102933398 A DK 2525984 T3 EP 2525984 A1 ES 2572759 T3 JP 5859459 B2 JP 2013517161 A MX 346285 B PL 2525984 T3 US 2013014656 A1 WO 2011088583 A1	10-11-2020 13-02-2013 27-06-2016 28-11-2012 02-06-2016 10-02-2016 16-05-2013 14-03-2017 30-09-2016 17-01-2013 28-07-2011
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0911157 B1 [0006]
- DE 102013011275 A1 [0007]
- WO 2006007984 A1 [0010]
- WO 9206796 A1 [0011]