(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
18. Dezember 2014 (18.12.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/198719 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B24B 7/16 (2006.01) *B24B 49/14* (2006.01)
B24B 7/17 (2006.01) *B24B 55/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/062025

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juni 2014 (10.06.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102013211201.7 14. Juni 2013 (14.06.2013) DE

(71) Anmelder: **WAFIOS AG** [DE/DE]; Silberburgstraße 5, 72764 Reutlingen (DE).

(72) Erfinder: **WURSTER, Klaus**; Peter-Rosegger-Str. 103, 72762 Reutlingen (DE). **WOLF, Jürgen**; Heerstraße 26, 72141 Walddorf (DE). **SCHNIZLER, Martin**; Krausstraße 4/5, 72793 Pfullingen (DE).

(74) Anwalt: **PATENTANWÄLTE RUFF, WILHELM, BEIER, DAUSTER & PARTNER**; Kronenstraße 30, 70174 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: METHOD FOR GRINDING SPRING ENDS AND SPRING-END GRINDING MACHINE

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUM SCHLEIFEN VON FEDERENDEN UND FEDERENDENSCHLEIFMASCHINE

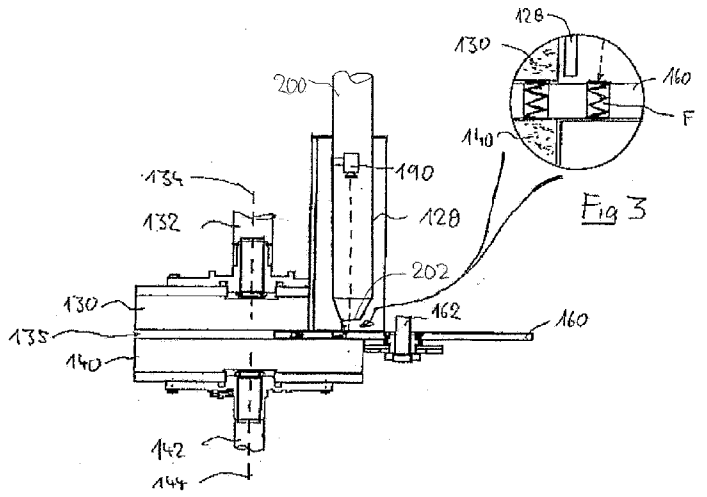


Fig 3

(57) **Abstract**: The invention relates to a method for grinding spring ends of helical compression springs (F) using a numerically controlled spring-end grinding machine (100) having a grinding unit (120), a loading unit (150) and a control unit (160) for controlling the loading unit (150) and the grinding unit (120). The grinding unit (120) has a grinding disc pair with two rotatable grinding discs (130, 140), between which a grinding space (135) is formed. The loading unit (150) has at least one loading plate (160, 170), which is rotatable substantially axially parallel to the grinding discs (130, 140) and has a plurality of off-axial spring receptacles (166), each for receiving a respective helical compression spring (F). During a grinding operation, helical compression springs (F) received in spring receptacles (166) are successively transported through the grinding space between the rotating grinding discs (130, 140) by rotation of the loading plate (160, 170) and in the process both spring ends of the helical compression springs (F) located in the grinding space are simultaneously machined by grinding. The method is characterized in that a temperature signal representing the temperature is determined on at least one of the helical compression springs (F) by a temperature measurement during the grinding operation. The spring-end grinding machine (100) is preferably controlled on the basis of

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/198719 A1

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

the temperature signal. In one embodiment, the temperature is measured using a thermal imaging camera (190). The temperature measuring device (190) is arranged in a cooling air supply duct (200) belonging to a cooling device and/or in a cooling air stream generated by the supply duct (200).

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Schleifen von Federenden von Schraubendruckfedern (F) wird unter Verwendung einer numerisch gesteuerten Federendenschleifmaschine (100) durchgeführt, die eine Schleifeinheit (120), eine Ladeeinheit (150) und eine Steuereinheit (160) zur Steuerung der Ladeeinheit (150) und der Schleifeinheit (120) aufweist. Die Schleifeinheit (120) hat ein Schleifscheibenpaar mit zwei drehbaren Schleifscheiben (130, 140), zwischen denen ein Schleifraum (135) gebildet ist. Die Ladeeinheit (150) hat mindestens einen im Wesentlichen achsparallel mit den Schleifscheiben (130, 140) drehbaren Ladeteller (160, 170), der eine Vielzahl von außeraxialen Federaufnahmen (166) zur Aufnahme jeweils einer Schraubendruckfeder (F) hat. Während einer Schleifoperation werden in Federaufnahmen (166) aufgenommene Schraubendruckfedern (F) durch Drehung des Ladetellers (160, 170) sukzessive durch den Schleifraum zwischen die drehenden Schleifscheiben (130, 140) transportiert werden und dabei jeweils beide Federenden der im Schleifraum befindlichen Schraubendruckfedern (F) gleichzeitig durch Schleifen bearbeitet. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass während der Schleifoperation an mindestens einer der Schraubendruckfedern (F) durch eine Temperaturmessung ein die Temperatur repräsentierendes Temperatursignal ermittelt wird. Vorzugsweise erfolgt eine Steuerung der Federendenschleifmaschine (100) in Abhängigkeit von dem Temperatursignal. Die Temperaturmessung wird bei einer Ausführungsform mit Hilfe einer Wärmebildkamera (190) durchgeführt. Die Temperaturmesseinrichtung (190) ist in einem zu einer Kühleinrichtung gehörenden Zufuhrkanal (200) für Kühlluft und/oder in einem durch den Zufuhrkanal (200) erzeugten Kühlluftstrom angeordnet.

Verfahren zum Schleifen von Federenden und Federendenschleifmaschine

HINTERGRUND

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen von Federenden von Schraubendruckfedern gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie auf eine insbesondere zur Durchführung des Verfahrens geeignete Federendenschleifmaschine gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 14.

Schraubendruckfedern sind Maschinenelemente, die in zahlreichen Anwendungsbereichen in großen Stückzahlen und unterschiedlichen Aus-gestaltungen benötigt werden. Schraubendruckfedern werden beispielsweise als Tragfedern oder Ventilfedern in großen Mengen im Automobilbau benötigt. Eine Schraubendruckfeder kann beschrieben werden als eine gewundene oder gewickelte Druckfeder aus Draht mit Abständen zwischen den Windungen.

Von besonderer Bedeutung für die sichere Funktion von Schraubendruckfedern bei der bestimmungsgemäßen Verwendung sind die Federenden, d.h. die beiden axialen Endbereiche der Schraubendruckfedern. Die Federenden dienen zur Überleitung der Federkraft auf die Anschlusskörper und sind in der Regel so auszubilden, dass bei jeder Federstellung ein möglichst axiales Einfedern bewirkt wird. Das Federendenschleifen, d.h. die Material abtragende Bearbeitung der Federenden mittels Schleifen, trägt in diesem Zusammenhang dazu bei, an den Federenden rechtwinklig zur Federachse ausreichende Auflageflächen für die Anschlusskörper zu schaffen.

Das Federendenschleifen ist ein Teil der Prozesskette zur Herstellung einer Schraubendruckfeder aus kaltverformtem Draht. Diese Prozesskette umfasst viele weitere Fertigungsschritte, die schließlich zu einer einbaufertigen Schraubendruckfeder führen. Eine wirtschaftliche Fertigung von Schraubendruckfedern ist nur möglich, wenn in den verschiedenen Prozessstufen rationelle Fertigungsprozesse realisiert werden. Dem Federendenschleifen kommt dabei besondere Bedeutung zu, da ein Großteil der anfallenden Herstellungskosten bei Schraubendruckfedern auf diesen Arbeitsgang entfallen. Daher werden erhebliche Anstrengungen unternommen, den Prozess des Federendenschleifens so zu optimieren, dass die Schraubendruckfedern mit hoher Produktivität hergestellt werden können, ohne dass die Qualität der gefertigten Produkte beeinträchtigt wird.

Für das Federendenschleifen hat sich in vielen Bereichen das Doppel-Seitenplanschleifverfahren mit ungespannten Federn durchgesetzt. Beim Schleifen mit rotie-

rendem Werkzeug handelt es sich bekanntlich um ein spanendes Fertigungsverfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden. Die Bezeichnung des Doppel-Seitenplanschleifprozesses richtet sich nach der Art der zu erzeugenden Flächen (Planflächen), der Anzahl der zu schleifenden Flächen (zwei), dem sich hauptsächlich in Eingriff befindlichen Teil der Schleifscheibe (Seitenfläche) und dem Verfahren (Schleifen). Eine Besonderheit dieses Verfahrens ist die Tatsache, dass die Schraubendruckfedern den Schleifdruck selbst aufbringen.

Eine für das Doppel-Seitenplanschleifverfahren geeignete numerisch gesteuerte Federendenschleifmaschine hat eine Schleifeinheit, eine Ladeeinheit und eine Steuereinheit zur Steuerung der Ladeeinheit und der Schleifeinheit. Die Schleifeinheit hat ein Schleifscheibenpaar mit zwei drehbaren Schleifscheiben, deren Drehachsen normalerweise koaxial zueinander angeordnet oder leicht gegeneinander verkippt sind. Zwischen den einander zugewandten Seitenflächen der Schleifscheiben wird ein Schleifraum gebildet. Die Ladeeinheit hat mindestens einen mehr oder weniger achsparallel mit den Schleifscheiben drehbaren Ladeteller, der eine Vielzahl von außeraxialen Federaufnahmen zur Aufnahme von jeweils einer Schraubenfeder hat. Die Federachsen der in den Federaufnahmen aufgenommenen Schraubendruckfedern sollen dabei möglichst parallel zur Drehachse der Ladeeinheit und damit senkrecht zu den schleifenden Seitenflächen der Schleifscheiben stehen.

Zwischen den Achsen der Schleifscheiben und der Drehachse des Ladetellers besteht bei der Schleifoperation ein Abstand. Während einer Schleifoperation werden diejenigen Schraubendruckfedern, die in Federaufnahmen des Ladetellers aufgenommen sind, durch Drehung des Ladetellers sukzessive durch den Schleifraum zwischen den drehenden Schleifscheiben transportiert. Dabei werden jeweils beide Federenden der im Schleifraum befindlichen Schraubendruckfedern gleichzeitig durch Schleifen bearbeitet.

Der Abstand zwischen dem Drehzentrum des Ladetellers und dem Schleifscheibenzentrum bestimmt dabei die Lage der Schleifbahn. Die Schleifbahn oder Spur beschreibt den Weg, den die Schraubendruckfeder über der Schleifscheibe bei Drehung des Ladetellers zurücklegt. Die Spur, die Schleifgeschwindigkeit, die Ladetellerdrehzahl sowie der Schleifdruck bestimmen gemeinsam die erzielbare Schleifleistung.

Im Hinblick auf eine hohe Produktivität ist man in der Regel bestrebt, eine möglichst hohe Schleifleistung, d.h. einen möglichst hohen Abtrag pro Zeiteinheit, zu erzielen. Die Schleifleistung wird allerdings durch die zulässige Temperatur des Federmaterials und die Leistungsfähigkeit der Schleifscheiben begrenzt. Wird das Federmaterial zu heiß, kann es zu Materialver-

änderungen kommen, welche das spätere Federverhalten und/oder die Festigkeit des Materials negativ beeinflussen. Daher sollte Materialüberhitzung nach Möglichkeit vermieden werden.

Einige Verfahren sehen eine aktive Kühlung des Schleifraums und/oder des Ladetellers mittels entsprechender Kühleinrichtungen vor. Bei der Schleifraumkühlung wird beispielsweise Frischluft direkt in den Schleifraum eingeblasen mit dem Ziel, die Schraubendruckfedern, die Späne und die Schleifkörner abzukühlen, die Reibungswärme abzuführen und die Spanräume auszublasen. Eine entsprechende Kühleinrichtung hat einen oder mehrere Zufuhrkanäle für Kühlluft, die in den Schleifraum münden. Bei der Ladetellerkühlung wird Kühlluft in die Schraubendruckfedern eingeblasen. Eine entsprechende Kühleinrichtung hat einen oder mehrere Zufuhrkanäle für Kühlluft, die in der Nähe der Bewegungsbahnen der Schraubenfedern nahe dem Ladeteller münden. Ziel dabei ist es, das spezifische Abtragsvermögen dadurch zu erhöhen, dass die Temperatur der Schraubendruckfedern im Prozess möglichst konstant und ausreichend niedrig gehalten wird.

Die japanische Patentanmeldung JP 2009-279709 A beschreibt eine Federendenschleifmaschine für das Doppel-Seitenplanschleifen, bei der unmittelbar neben den Schleifscheiben außerhalb des Schleifraums zwei zueinander parallele Kühlplatten angebracht sind, deren einander zugewandten Stirnflächen im Wesentlichen in Verlängerung der einander zugewandten Seitenflächen der Schleifscheiben liegen. Die mittels eines durchgeleiteten Kühlfluids gekühlten Kühlplatten begrenzen einen zwischen den Kühlplatten liegenden Raum, in welchem sich die Schraubendruckfedern bei Drehung des Ladetellers bewegen, sobald sie den Schleifraum verlassen. Die Federenden stehen dabei im Berührungskontakt mit den Kühlplatten. Auf diese Weise ist eine Kontaktkühlung der Federenden während einer Schleifoperation möglich.

AUFGABE UND LÖSUNG

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Schleifen von Federenden von Schraubendruckfedern sowie eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Federendenschleifmaschine bereitzustellen, die mit hoher Produktivität dauerhaft wartungsarm arbeiten können und gleichzeitig eine hohe Sicherheit gegen Überhitzung der bearbeiteten Schraubendruckfedern bieten.

Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 bereit. Weiterhin wird eine Federendenschleifmaschine mit den Merkmalen von Anspruch 14 bereitgestellt.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren der gattungsgemäßen Art zeichnet sich dadurch aus, dass während der Schleifoperation an mindestens einer der Schraubendruckfedern durch eine Temperaturmessung ein die Temperatur repräsentierendes Temperatursignal ermittelt wird und eine Steuerung der Federendenschleifmaschine in Abhängigkeit von dem Temperatursignal erfolgt. Die Angabe „während der Schleifoperation“ bezieht sich dabei auf das Zeitintervall zwischen dem Beginn und dem Ende einer Schleifoperation, wobei die Schleifoperation beginnt, wenn Schraubendruckfedern erstmalig in den Schleifraum einfahren und endet, wenn der angestrebte Abtrag erzielt ist und die letzte Schraubendruckfeder aus dem Schleifraum ausgefahren ist. Es wird somit eine direkte Temperaturüberwachung an Schraubendruckfedern während der Schleifoperation durchgeführt. Da die Temperaturmessung während der Schleifoperation, also „in process“ durchgeführt wird, ist eine zeitnahe temperaturabhängige Steuerung des Schleifprozesses möglich. Die Federendenschleifmaschine ist also bei Bedarf in Abhängigkeit von dem Temperatursignal steuerbar. Eine solche Steuerung ist bei bevorzugten Ausführungsformen vorgesehen, aber nicht zwingend.

Der Schleifprozess kann dadurch bei Bedarf an der oberen Leistungsgrenze der Abtragsleistung betrieben werden, bei der eine Überhitzung noch zuverlässig vermieden wird. Durch die direkte Temperaturüberwachung kann darauf verzichtet werden, mit unnötig großen Sicherheiten gegen eine Überhitzung des Federmaterials zu arbeiten, die die Leistungsfähigkeit des Schleifprozesses mehr als nötig einschränken. Auf aufwendige Kühlmaßnahmen kann ggf. verzichtet werden.

Eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Federendenschleifmaschine hat ein Temperaturmesssystem mit mindestens einer Temperaturmesseinrichtung, die dafür eingerichtet ist, während einer Schleifoperation an mindestens einer der Schraubendruckfedern ein die Temperatur repräsentierendes Temperatursignal zu ermitteln und zur Weiterverarbeitung abzugeben, so dass die Federendenschleifmaschine bei Bedarf in Abhängigkeit von dem Temperatursignal gesteuert werden kann.

Die Temperaturmesseinrichtung ist in einem Zufuhrkanal für Kühlluft und/oder in einem durch den Zufuhrkanal erzeugten Kühlluftstrom angeordnet. Der Zufuhrkanal führt Kühlluft von einer Druckseite mit Gebläse zu einem Mündungsbereich des Zufuhrkanals in der Nähe der Schleifscheiben und/oder des Ladetellers, um die im Kühlluftstrom liegenden Komponenten zu kühlen. Die Temperaturmesseinrichtung befindet sich innerhalb eines mehr oder weniger stark gerichte-

ten Kühluftstroms und kann dadurch gekühlt bzw. temperaturstabilisiert werden. Außerdem schützt der Luftstrom die Temperaturerfassungseinrichtung vor Verunreinigung oder Beschädigung durch Funkenflug und/oder andere Bearbeitungsprodukte, die die Funktionsfähigkeit der Temperaturmesseinrichtung beeinträchtigen könnten.

Vorzugsweise befindet sich die Temperaturmesseinrichtung innerhalb des Zufuhrkanals, so dass die Temperaturmessung durch den Mündungsbereich hindurch erfolgt. Möglich wäre auch eine Anordnung einer Temperaturmesseinrichtung außerhalb des Zufuhrkanals, also jenseits der Mündungsöffnung, aber noch im Bereich des gerichteten Kühlluftstromes.

Da die Federenden sich beim Schleifen stärker aufheizen als Bereiche näher zur Federmitte, wird die Temperatur vorzugsweise möglichst nahe an (mindestens) einem Federende ermittelt, z.B. im Bereich einer ersten an ein Federende anschließenden Windung. Besonders zuverlässig sind dabei Messungen direkt an der durch Schleifen bearbeiteten Stirnseite.

Die Temperaturmessung erfolgt vorzugsweise berührungslos über Erfassung und Auswertung von abgegebener Wärmestrahlung. Hierzu kann z.B. ein Pyrometer oder eine Wärmebildkamera als Temperaturmesseinrichtung verwendet werde. Die Verwendung (mindestens) einer Wärmebildkamera (Zeilenkamera oder Flächenkamera) bietet den zusätzlichen Vorteil einer ortsauflösenden Temperaturmessung, bei der gleichzeitig oder zeitlich versetzt an zwei oder mehr mit Abstand zueinander liegenden Messpositionen an einer Schraubendruckfeder oder an mehreren unterschiedlichen Schraubenfedern gemessen werden kann.

Bei optischen Temperaturmesseinrichtungen, die ein Eintrittsfenster für Wärmestrahlung haben, hat sich die Anordnung im Kühlluftstrom als besonders nützlich herausgestellt, da ohne entsprechende Schutzmaßnahmen oder bei ungünstiger Anordnung das Eintrittsfenster verschmutzen und/oder durch Einbrennen von Funken beschädigt werden könnte, wodurch die Messgenauigkeit beeinträchtigt werden kann.

Vorzugsweise findet eine automatische Regelung mindestens eines Schleifparameters in Abhängigkeit von der Federtemperatur bzw. von dem diese repräsentierenden Temperatursignal statt. Dazu ist bei bevorzugten Ausführungsformen die Temperaturmesseinrichtung an die Steuereinheit kabelgebunden oder drahtlos zur Signalübertragung angeschlossen und in der Steuereinheit ist ein Steuerprogramm aktiv, das zur Verarbeitung des Temperatursignals oder eines daraus abgeleiteten Signals konfiguriert ist, wobei die Steuereinheit mindestens einen Betriebsparameter der Schleifeinheit und/oder der Ladeeinheit in Abhängigkeit von dem Temperatursignal während der Schleifoperation ändert. Zu den veränderbaren Betriebsparametern

können beispielsweise die Drehgeschwindigkeit des Ladetellers und die Drehgeschwindigkeiten der beiden Schleifscheiben gehören, die vorzugsweise unabhängig voneinander verändert werden können. Wenn die Federendenschleifmaschine für das Zustellschleifen eingerichtet ist, kann alternativ oder zusätzlich auch die Zustellung einer in Richtung auf die andere Schleifscheibe zustellbaren Schleifscheibe in Abhängigkeit vom Temperatursignal gesteuert werden.

Als Alternative wäre auch eine halbautomatische Regelung möglich, bei der ein Bediener in den Regelungsprozess einbezogen wird. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass auf Basis des Temperatursignals eine Anzeigeeinrichtung, beispielsweise eine optische Anzeigeeinrichtung und/oder eine akustische Anzeigeeinrichtung aktiviert wird, wenn das Temperatursignal eine Erwärmung der Schraubendruckfedern über einen noch als unkritisch geltenden Schwellwert hinaus anzeigt. Dadurch wird dem Bediener die Möglichkeit gegeben, durch Änderungen von Betriebsparametern der Schleifeinheit und/oder der Ladeeinheit in den Schleifprozess einzugreifen, um eine Überhitzung der Schraubendruckfedern zu vermeiden.

Die temperaturabhängige Steuerung bzw. Regelung kann beim Durch-laufverfahren und beim Zustellverfahren genutzt werden. Bekanntlich spricht man vom Durchlaufschleifen, wenn die Schleifschieben während der Schleifoperation nicht zugestellt werden und das Endmaß in einem Durchlauf durch den Schleifraum erreicht wird. Beim Zustellschleifen findet dagegen eine Zustellbewegung einer der Schleifscheiben statt, um die Schraubendruckfedern auf das Endmaß zu schleifen. Es kann sich dabei beispielsweise um eine der Schleifkraft proportionale konstante oder getaktete Zustellbewegung handeln, die mittels elektronischer Regelung erzeugt wird.

Besondere Vorteile ergeben sich dann, wenn die Federendenschleifmaschine für den Prozess des Zustellschleifens eingerichtet ist und im Zustellverfahren betrieben wird. Beim Zustellschleifen wird während der Schleifoperation mindestens eine der Schleifscheiben mit einer durch die Steuereinheit vorgegebenen Zustellgeschwindigkeit in Richtung auf die andere Schleifscheibe zugestellt. Dabei ist es möglich, die Zustellgeschwindigkeit in Abhängigkeit von dem Temperatursignal zu steuern, also eine temperaturabhängige Regelung der Zustellgeschwindigkeit durchzuführen.

Eine besonders hohe Produktivität wird bei manchen Ausführungsformen dadurch erreicht, dass die Zustellung mit einer vorgegebenen, ggf. vom Bediener einstellbaren, maximalen Zustellgeschwindigkeit erfolgt, bis ein von Art der Schraubendruckfeder und von anderen Prozessparametern abhängiger Schaltpunkt erreicht ist, bei dem sich die Temperatur bis auf eine vorgebbare Temperaturdifferenz an eine vorgegebene Grenztemperatur angenähert hat. Als

„Grenztemperatur“ wird hier eine Temperatur des Federmaterials angesehen, bei deren Überschreitung temperaturbedingte Materialschädigungen nicht mehr zuverlässig ausgeschlossen werden können. Der Schleifprozess sollte daher nach Möglichkeit so gefahren werden, dass die Grenztemperatur nicht erreicht wird. Hierzu dient die ggf. durch Eingaben an der Steuerung einstellbare Temperaturdifferenz, die sozusagen einen Sicherheitsabstand zur Grenztemperatur repräsentiert. Bei dieser Verfahrensvariante kann somit so lange mit der vorgebbaren maximalen Zustellgeschwindigkeit und damit mit maximaler Abtragsleistung geschliffen werden, solange dadurch die Temperatur der Schraubendruckfedern der Federenden der Schraubendruckfedern nicht zu nahe an die Grenztemperatur ansteigt.

Nach Erreichen des Schaltpunktes wird die Zustellgeschwindigkeit dann so weit reduziert, dass auch in der Folge die Grenztemperatur nicht überschritten wird. Insbesondere kann die Zustellgeschwindigkeit nach Erreichen des Schaltpunkts so gesteuert werden, dass eine Temperaturdifferenz zu der Grenztemperatur im Wesentlichen konstant bleibt. In diesem Fall kann also weiterhin mit optimaler Zustellgeschwindigkeit immer in der Nähe der Leistungsgrenze des Prozesses gefahren werden, aber auf der im Hinblick auf die Gefahr der Überhitzung sicheren Seite.

Allgemein formuliert kann für eine Schleifoperation in Abhängigkeit von Eigenschaften des Federmaterials und der Federn eine Grenztemperatur vorgegeben werden, die einer gerade noch tolerierbaren Maximaltemperatur entspricht, und die Steuerung kann derart durchgeführt werden, dass die Temperatur der Schraubendruckfeder zu keiner Zeit während der Schleifoperation die vorgegebene Grenztemperatur übersteigt. Ggf. können Ausnahmen in der Anfangsphase einer Schleifoperation zugelassen werden, wenn sichergestellt ist, dass ggf. überhitzte Bereiche im weiteren Verlauf der Schleifoperation noch ausreichend stark abgetragen werden, so dass das fertige Produkt keine ggf. durch Überhitzung beschädigten Abschnitte enthält.

Obwohl es prinzipiell möglich ist, die Temperatur der Schraubendruckfeder während des Schleifeingriffs zu messen, also während sich die Schraubendruckfedern innerhalb des Schleifraums befinden, ist es bevorzugt, wenn das Temperatursignal außerhalb des Schleifraums ermittelt wird. Dies ermöglicht konstruktiv relativ einfache Lösungen, die zudem den Vorteil haben, dass die Temperaturmessung durch den Schleifprozess nicht direkt beeinträchtigt wird.

Ein besonders zuverlässiger Steuerungsprozess wird bei manchen Aus-führungsformen dadurch erreicht, dass die Ermittlung des Temperatursignals an einer Schraubendruckfeder unmittelbar nach Austritt der Schraubenfeder aus dem Schleifraum erfolgt. Während einer Schleifoperation werden die Schraubendruckfedern in der Regel mehrfach auf kreisbogenförmi-

gen Schleifbahnen durch den Schleifraum transportiert. Dadurch ergibt sich ein Wechsel zwischen einer Schleifphase, in der die Schraubendruckfedern sich zwischen den Schleifscheiben befindet und ihre Federenden geschliffen werden, und einer eingriffsfreien Umlaufphase, die mit dem Ausfahren aus dem Schleifraum beginnt und mit dem erneuten Einfahren der Schraubendruckfedern in den Schleifraum endet. Vorzugsweise findet die Ermittlung des Temperatursignals also zu Beginn der eingriffsfreien Umlaufsphase statt, also am Anfang einer zwischenzeitlichen Abkühlphase. Da in diesem Fall die Schraubendruckfeder zwischen der Schleifbearbeitung und dem Messzeitpunkt nicht oder nur sehr wenig abkühlen kann, kann das Temperatursignal als repräsentativ für die maximal während des Schleifeingriffs erreichte Temperatur angesehen werden, wobei sich allenfalls eine geringe konstante Differenz zur tatsächlich erreichten Maximaltemperatur ergibt. Hierdurch wird die Regelung besonders prozesssicher.

Es ist auch möglich, an mindestens zwei Stellen des eingriffsfreien Umlaufs zu messen, z.B. einerseits unmittelbar nach Austritt aus dem Schleifraum und andererseits unmittelbar vor Eintritt in den Schleifraum. Dadurch kann eine aus dem Schleifprozess resultierende bzw. für den aktuellen Schleifprozess charakteristische Temperaturabnahme für gegebene Parameter wie Zustellung, Drehzahl, evtl. Federparameter o.dgl. erfasst und z.B. durch eine Temperaturdifferenz quantifiziert werden. Somit kann der Einfluss der Umgebung bzw. die Abkühlung außerhalb des Schleifraums erfasst und bei der Steuerung berücksichtigt werden. Man kann dadurch einen lernenden Prozess erhalten.

In vielen Fällen hat ein Ladeteller zwei, drei oder mehr in konzentrischen Ringen angeordnete Federaufnahmen, so dass pro Zeiteinheit große Anzahlen von Schraubendruckfedern geschliffen werden können. Werden die Federaufnahmen bestückt, so sind Schraubendruckfedern in unterschiedlichen radialen Abständen zur Drehachse des Ladetellers angeordnet. Bei einer Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass für mindestens zwei radiale Abstände separate Temperatursignale erfasst und gemeinsam verarbeitet werden. Wird die Temperatur in zwei, drei oder mehr unterschiedlichen radialen Positionen gemessen, kann beispielsweise über die Temperaturdifferenz ein ungleichmäßiger Verschleiß der Schleifscheibe in Radialrichtung identifiziert werden. Damit lässt sich beispielsweise ein optimaler Zeitpunkt für das Abrichten der Schleifscheiben bestimmen, der beispielsweise dann erreicht sein kann, wenn die Temperaturdifferenz einen vorbestimmten Differenzwert übersteigt.

Bei einer Weiterbildung werden auf Basis der separaten Temperatursignale Daten für ein radiales Abrichtprofil einer Schleifscheibe ermittelt und/oder es wird auf Basis der separaten Temperatursignale der Verschleißzustand der Schleifscheibe bewertet. Hierdurch könnten gleichbleibend gute Schleifergebnisse erzielt werden. Durch diese Maßnahmen kann berücksichtigt wer-

den, dass die Schleifscheiben in der Regel in Radialrichtung ungleichmäßig verschleißen. Als Folge davon werden in der Regel die Temperaturen derjenigen Schraubendruckfedern, die näher am äußeren Umfang der Schleifscheibe geschliffen werden, geringer sein als die Temperaturen derjenigen Schraubendruckfedern, die näher am Drehzentrum der Schleifscheiben vorbeilaufen. Diese Ungleichmäßigkeit kann durch Abrichten verringert bzw. beseitigt werden.

Bei einer Verfahrensvariante wird die Temperatur unmittelbar nach dem Abrichten wieder an radial unterschiedlichen Positionen erfasst. Damit lässt sich eine Veränderung des Abrichters überwachen und es kann der optimale Zeitpunkt für einen Austausch des Abrichters festgestellt werden.

Die Temperaturmesseinrichtung kann nach unterschiedlichen Prinzipien arbeiten. Bei manchen Ausführungsformen ist mindestens ein flächig messender Temperatursensor vorgesehen, beispielsweise in Form einer Infrarot-Kamera bzw. Wärmebildkamera. In dessen Bildfeld können ggf. zwei oder mehr Messbereiche definiert werden, so dass zeitgleich die Temperatur an unterschiedlichen Stellen einer Schraubendruckfeder oder aber an unterschiedlichen Schraubendruckfedern gemessen werden kann. Es ist auch möglich, einen oder mehrere punktförmig messende Temperaturmesssensoren zu verwenden.

Bei manchen Ausführungsformen von Federendenschleifmaschinen ist ein verfahrbarer Schutzschild vorgesehen, welcher z.B. bogenförmig und/oder gewinkelt ausgestaltet sein kann und in seiner Betriebsstellung den Schleifraum in Richtung des freiliegenden Teils des Ladetellers abschließt. Vorzugsweise ist eine Temperaturmesseinrichtung an der den Schleifscheiben abgewandten Seite des Schutzschildes angebracht. Dadurch kann die Temperaturmessung unmittelbar nach Austritt der Schraubendruckfedern aus dem Schleifraum erfolgen. Gleichzeitig ist sichergestellt, dass die Temperaturmessung durch evtl. direkten Funkenflug nicht gestört wird.

Eine Kühleinrichtung kann einen Zuführkanal für Kühlluft haben, der außerhalb des Schleifraums oberhalb des Ladetellers mündet. Die Temperaturmesseinrichtung, z.B. eine Wärmekamera, kann innerhalb dieses Zufuhrkanals angeordnet sein.

Eine Weiterbildung des Verfahrens und der Vorrichtung berücksichtigt, dass es zwischen einer Veränderung eines Schleifparameters und einer damit einhergehenden bzw. dadurch verursachten Veränderung der Temperatur von Schraubenfedern einen zeitabhängigen funktionalen Zusammenhang (d.h. eine Zeitfunktion) gibt, welcher unter anderem von den Schleifbedingungen (wie z.B. Drehzahl, Zustellgeschwindigkeit, Art der Schleifscheiben), von dem für die

Schraubendruckfeder verwendeten Draht, von der Federform und weiteren Parametern abhängen kann. Bei Berücksichtigung dieser Zusammenhänge ist eine präzisere und noch effizientere Verfahrensführung möglich. Dazu kann vorgesehen sein, dass in einem Speicher der Steuereinheit Referenzschleifoperationsdaten gespeichert werden bzw. gespeichert sind, die mindestens einen zeitabhängigen funktionalen Zusammenhang zwischen der Änderung eines Schleifparameters und einer davon abhängigen Änderung der Temperatur von Schraubendruckfedern repräsentieren, wobei der Schleifprozess unter Berücksichtigung der Referenzschleifoperationsdaten gesteuert wird. Dadurch ist eine vorausschauende (prädikative) Regelung der Schleifoperation möglich.

Um besonders realistische und zuverlässige Referenzschleifoperationsdaten zu erhalten, wird vorzugsweise vor einer für einen Produktionsprozess vorgesehenen Schleifoperation mindestens eine Referenzschleifoperation zur Ermittlung von Referenzschleifoperationsdaten durchgeführt. Diese werden somit experimentell ermittelt. Grundsätzlich ist es auch möglich, auf Basis geeigneter Modelle Referenzschleifoperationsdaten theoretisch zu ermitteln. Vorzugsweise sollten die erhaltenen Daten auch in diesem Fall anhand von Experimenten überprüft und gegebenenfalls verfeinert werden.

Bei einer Referenzschleifoperation werden typische Parameter, wie z.B. die Zustellgeschwindigkeit und/oder die Schnittgeschwindigkeit geändert und der zeitliche und/oder der wertmäßige Einfluss der Änderung dieser Parameter auf die Temperatur der Schraubendruckfedern wird gemessen. Aus den so erhaltenen Referenzschleifoperationsdaten können Regeln und/oder Formeln abgeleitet werden, aus denen die Steuereinheit beispielsweise ableiten kann, zu welchem Zeitpunkt eine Korrektur in welcher Weise erfolgen muss, damit eine Überschreitung einer zulässigen Maximaltemperatur während der Schleifoperation sicher vermieden werden kann.

Beispielsweise kann es sein, dass bei einer Schleifoperation die zustellbare Schleifscheibe sehr schnell, d.h. mit hoher Zustellgeschwindigkeit zugestellt wird, so dass die Temperatur der geschliffenen Federn steil ansteigt. Ohne vorausschauende Regelung könnte die Zustellung beispielsweise dann gestoppt werden, wenn eine vorgegebene zulässige Maximaltemperatur erreicht ist. Die Schraubendruckfedern werden jedoch unter Umständen noch vorgespannt sein, so dass sich die Schraubendruckfedern weiter erhitzen würden. Daher wäre es in diesem Fall vorteilhaft, die Zustellgeschwindigkeit bereits früher zu reduzieren. Der richtige Zeitpunkt kann auf Basis der Referenzschleifoperationsdaten eingestellt werden. Um die Vorspannung schnell zu reduzieren, kann es gegebenenfalls sogar nötig sein, die Zustellung in den negativen Bereich zu fahren. Mit Hilfe einer oder mehrerer Referenzschleifoperationen bzw. Schleifversu-

chen kann der optimale Zeitpunkt für den Beginn der Änderung der Zustellgeschwindigkeit und auch für das Ausmaß der Änderung ermittelt werden, um ein „Überschießen“ der Temperatur zu vermeiden.

Bei Federendenschleifmaschinen mit Schleifraumkühlung und/oder mit Ladetellerkühlung sind, wie erwähnt, typischerweise ein oder mehrere Gebläse vorgesehen, die über geeignete Leitungen bzw. Zufuhrkanäle Luft in die zu kühlende Bereiche einblasen. Diese Maßnahmen der Kühlung erbringen in der Regel nur in Verbindung mit einer ausreichenden Absaugleistung den erwünschten Luftstrom und Kühleffekt. Unter Absaugen wird hier das Entfernen prozessbedingt anfallender Komponenten aus dem Arbeitsbereich der Maschine verstanden. Abgesaugt werden beispielsweise metallische Späne und Metallpartikel, Schleifmittelabrieb, Prozesswärme und Funken sowie Dämpfe von organischen und anorganischen Schmiermitteln. Hierzu sind in der Regel Absauggebläse mit erheblichen Absaugleistungen vorgesehen. Bei bevorzugten Ausführungsformen kann auf Basis der Temperaturmessung eine Optimierung der Lufteinbringung in die Schleifmaschine und/oder der Absaugung erreicht werden, indem die Steuerung von Gebläsen für Luftzufuhr und/oder für die Absaugung von Luft in Abhängigkeit von Temperatursignalen der Temperaturmessung erfolgt. Die aktuelle Gebläseleistung kann als weiterer Betriebsparameter der Federendenschleifmaschine angesehen werden. Auf diese Weise können die Gebläse und die Absaugung bezüglich Leistungsbedarf und Effizienz optimiert werden.

Dadurch kann unter anderem berücksichtigt werden, dass beispielsweise bei verschiedenen hohen Schraubendruckfedern und/oder verschiedenen Füllungsgraden der Ladeteller unterschiedliche Bedarfe an Absaugung und Einblasung existieren werden. Die Gebläseleistungen können entsprechend auf Werte unterhalb ihrer maximalen Gebläseleistung eingeregelt werden, so dass ein energieeffizienter Betrieb bei gleichzeitiger Vermeidung von Überhitzung der Schraubendruckfedern sichergestellt ist. Bei einer Verfahrensvariante wird zu Beginn einer Schleifoperation noch mit maximaler Gebläseleistung für Einblasung und/oder Absaugung begonnen. Danach wird die Gebläseleistung nach einem vorgebbaren Zeitschema Schritt für Schritt oder kontinuierlich reduziert und die Auswirkung auf die Schraubenfedertemperatur wird überwacht. Auf diese Weise lässt sich überprüfen, ob der Einsatz der Gebläse überhaupt nötig ist bzw. mit welcher (unterhalb der Maximalleistung liegenden) Leistung sie arbeiten können, um einen störungsfreien Betrieb sicherzustellen. Hierdurch ist eine erhebliche Reduzierung des Energieverbrauchs der Federendenschleifmaschine möglich. Die Regelung der Schleifparameter kann auf Basis einer Kombination aus Temperaturmesswerten und Werten für das Drehmoment der Schleifscheiben erfolgen.

Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können. Ausführungsbeispiele sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 zeigt eine schematische Seitenansicht einer Federendenschleifmaschine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 zeigt in perspektivischer Darstellung Details der Federendenschleifmaschine aus Fig. 1;

Fig. 3 zeigt eine schematische Seitenansicht des Bereichs der Schleifscheiben und eines Ladetellers während einer Schleifoperation;

Fig. 4 zeigt eine schematische Draufsicht des Bereichs der Schleifscheiben und eines Ladetellers während einer Schleifoperation;

Fig. 5 zeigt Diagramme zur Abhängigkeit der Temperatur von Schraubendruckfedern von der Schleifzeit bei unterschiedlichen radialen Abständen der Schraubendruckfedern vom Drehzentrum des Ladetellers für eine frisch abgerichtete Schleifscheibe (Fig. 5A) und für eine radial ungleichmäßig verschlissene Schleifscheibe (Fig. 5B);

Fig. 6 zeigt einen Vergleich von Temperatur-Schleifzeit-Verläufen bei einer konventionellen Schleifoperation und bei einer temperaturgeregelten Verfahrensführung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 7 zeigt ein schematisches Detail einer anderen Ausführungsform mit einer Temperaturmesseinrichtung in einer seitlichen Erweiterung eines Kühlluft-Zufuhrkanals.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Im Folgenden werden besondere Aspekte von Ausführungsformen der Erfindung am Beispiel einer vertikal aufgebauten Federendenschleifmaschine 100 dargestellt, die für die Trockenbearbeitung von Schraubendruckfedern (vereinfacht auch als Federn bezeichnet) im Doppel-

Seitenplanschleifverfahren mit ungespannten Federn im Zustellverfahren eingerichtet ist. Die Maschine ist in Single-Bauweise mit zwei Schleifspindeln und zwei Ladetellern aufgebaut. Sie umfasst im Wesentlichen eine Schleifeinheit 120, eine Ladeeinheit 150 sowie eine Steuereinheit 160 zur Steuerung von steuerbaren Komponenten der Ladeeinheit 150 und der Schleifeinheit 120.

Die Schleifeinheit 120 hat ein Schleifscheibenpaar mit zwei koaxial drehbaren Schleifscheiben 130, 140, zwischen denen im Betrieb der Maschine ein Schleifraum 135 gebildet wird. Die obere Schleifscheibe 130 ist am unteren Ende einer oberen Schleifspindel 132 befestigt, die mit vertikaler Drehachse 134 im oberen Teil der Tragekonstruktion der Schleifeinheit gelagert ist und mittels eines oberen Motors 136 angetrieben werden kann. Die untere Schleifscheibe 140 wird von einer im unteren Teil der Tragekonstruktion drehbar gelagerten unteren Schleifspindel 142 getragen, die mittels eines unteren Motors 146 um eine vertikale Drehachse 144 gedreht werden kann, die koaxial zur Drehachse 134 der oberen Schleifspindel verläuft.

Der in der Höhe variable Schleifraum wird nach oben durch die im Wesentlichen senkrecht zur Drehachse 134 verlaufende Seitenfläche 131 der oberen Schleifscheibe 130 und nach unten durch die im Wesentlichen senkrecht zur unteren Drehachse 144 ausgerichtete Seitenfläche 141 der unteren Schleifscheibe begrenzt.

Die obere Funktionseinheit mit oberer Schleifspindel 132 und Motor 136 ist zur Anpassung an verschiedene Federlängen höhenverstellbar. Die untere Schleifspindel ist vertikal verfahrbar, um eine Anpassung an unterschiedliche Federlängen zu ermöglichen. Bei Ausführungsformen, die auch für das Federendenschleifen im Durchlaufverfahren genutzt werden können, ist als Option vorgesehen, eine der Schleifscheiben bzw. eine der Schleifspindeln in eine definierte Schrägstellung zu bringen. Um einen Schleifprozess im Zustellverfahren durchführen zu können, ist die obere Schleifspindel 132 durch Bewegung parallel zur Spindelachse 134 in Richtung auf die untere Schleifscheibe zustellbar, wobei die Zustellgeschwindigkeit bzw. das Zustellgeschwindigkeitsprofil durch die Steuereinheit 160 vorgegeben werden kann.

Die unmittelbar neben der Schleifeinheit 120 angeordnete Ladeeinheit 150 hat zwei achsparallel mit den Schleifscheiben unbegrenzt drehbare Ladeteller 160, 170, die gemeinsam von einem Drehtisch 180 getragen werden, der mittels eines nicht gezeigten Antriebs um eine vertikale Drehachse 182 drehbar ist. Der erste Ladeteller 160 wird von einer ersten Ladetellerwelle 162 getragen, die mit vertikaler Drehachse 164 am Drehtisch gelagert ist. Der erste Ladeteller befindet sich in Fig. 1 in seiner Arbeitsposition mit teilweisem Eingriff in den Schleifraum. Der zweite Ladeteller 170 wird durch eine zweite Ladetellerwelle 172 getragen, die um eine vertikale

Drehachse 174 drehbar ist. Die Drehachsen der Ladeteller liegen in gleichen radialen Abständen von der Drehachse 182 des Drehtischs an diametral gegenüberliegenden Positionen. Der zweite Ladeteller befindet sich in seiner Ladeposition, die ein maschinelles oder manuelles Be- und Entladen der Federaufnahmen gestattet. Die Ladeteller sind jeweils leicht auswechselbar, um die Maschine für unterschiedliche Federgeometrien einzurichten.

Die Ladetellerwellen können jeweils durch eigene Antriebe angetrieben werden. Es ist auch möglich, einen einzelnen Antrieb im Bereich der Arbeitsposition anzubringen und die Ladetellerwelle des jeweils in die Arbeitsposition gefahrenen Ladetellers mechanisch an diesen Antrieb anzukoppeln (vgl. EP 0 722 810 B1). Anstelle eines Drehtischs könnten auch linear verfahrbare Einheiten als Träger für die Ladeteller vorgesehen sein (vgl. DT 1 652 125).

Jeder Ladeteller hat eine Vielzahl von außeraxial zu seiner Drehachse angeordneten Federaufnahmen 166, die jeweils eine einzige Schraubendruckfeder F für die Bearbeitung aufnehmen sollen. Schraubendruckfedern haben im Allgemeinen eine zylindrische Form, andere Formen, wie z.B. kegelige Formen, konvexe oder konkave doppelkeglige Formen oder zylindrische Formen mit kegeligen Federenden sind möglich. Federaufnahmen können mit und ohne Federbüchsen genutzt werden. Es können einstöckige oder mehrstöckige Ladeteller verwendet werden. Beim Ausführungsbeispiel sind die Ladeteller einstöckig und haben Federaufnahmen in drei unterschiedlichen radialen Abständen zur Drehachse des Ladetellers. Die Federaufnahmen sind in drei konzentrischen Ringen oder Reihen um die Drehachse herum angeordnet (vgl. Fig. 2 oder 4).

Die Ladeteller können durch Drehung des Drehtisches 180 jeweils zwischen einer Arbeitsposition und einer Ladeposition hin- und her bewegt werden. In den Darstellungen der Fig. 1 und 2 befindet sich der erste Ladeteller 160 in seiner Arbeitsposition, während der zweite Ladeteller 170 in der Ladeposition steht. In der Arbeitsposition ist der Achsabstand zwischen dem Drehzentrum der Schleifscheiben, d.h. deren Drehachsen, und der Drehachse 164 des Ladetellers so bemessen, dass alle Federaufnahmen bei Drehung des Ladetellers um seine Drehachse auf einer kreisbogenförmigen Schleifbahn oder Spur durch den Schleifraum zwischen den sich drehenden Schleifscheiben transportiert werden. Während dieser Drehbewegung werden die beiden einander gegenüberliegenden Federenden der im Schleifraum befindlichen Schraubendruckfedern jeweils gleichzeitig durch die damit in Kontakt kommenden Seitenflächen der Schleifscheiben geschliffen. Dabei wird die erzielbare Abtragsleistung im Wesentlichen durch die Lage der Spur der einzelnen Schraubendruckfedern im Schleifraum, durch die Schleifgeschwindigkeit, die Ladetellerdrehzahl und den an den jeweiligen bearbeiteten Flächen entstehenden Schleifdruck bestimmt.

Um während des Schleifprozesses den außerhalb des Schleifraums 135 liegenden Teil der Ladeeinheit sowie die Umgebung vor Funkenflug, Abrieb und Lärm zu schützen, hat die Federendenschleifmaschine an der der Ladeeinheit zugewandten Seite der Schleifeinheit einen vertikal verfahrbaren Schutzschild 128, der einteilig oder mehrteilig ausgeführt sein kann und im Beispiel bogenförmig gewinkelt gestaltet ist. Beim Einrichten der Maschine ist der Schutzschild nach oben gefahren, damit der Bereich zwischen den Schleifscheiben leicht zugänglich wird. Vor Beginn der Schleifoperation wird der Schutzschild nach unten gefahren, bis seine Unterkante mit geringem Abstand oberhalb der in dem Ladeteller aufgenommenen Schraubendruckfedern liegt.

Die Federendenschleifmaschine ist mit einer Kühleinrichtung ausgestattet, die dafür eingerichtet ist, den Ladeteller und die darin gehaltenen Schraubendruckfedern während des Schleifens mittels Kühlluft zu kühlen. Die Kühleinrichtung hat zwei Zufuhrkanäle 200, 210 für Kühlluft (vgl. Fig. 4), die an der Druckseite zu einem Gebläse führen und außerhalb des Schleifraums oberhalb des Ladetellers münden. Der in Fig. 1 gezeigte Zufuhrkanal 200 führt von oben senkrecht zur Oberseite des in Arbeitsposition angeordneten Ladetellers 160. Die Mündungsöffnung 202 befindet sich in geringem Abstand (wenige Zentimeter) oberhalb des Austrittsbereichs dort, wo die Schraubendruckfedern den Schleifraum verlassen. Die Mündungsöffnung ist im Vergleich zum Durchmesser des Zufuhrkanals im weiter entfernten zylindrischen Bereich relativ schmal, kann z.B. die Form eines Rechteck-Schlitzes haben (vgl. z.B. Mündungsöffnung 212 des Zufuhrkanals 210 in Fig. 4) und erzeugt dadurch einen Kühlluft-Vorhang, der sich Radialrichtung des Ladetellers über alle drei Reihen der Federaufnahmen erstreckt.

Die Federendenschleifmaschine 100 kann mit sehr hoher Produktivität betrieben werden, ohne dass die Gefahr einer Überhitzung der gerade bearbeiteten Schraubendruckfedern und einer dadurch bedingten Beeinträchtigung der Federqualität besteht. Dies wird bei der Federendenschleifmaschine 100 dadurch erreicht, dass während des Schleifprozesses bzw. während einer Schleifoperation die Temperatur der Federn gemessen wird und die Zustellgeschwindigkeit der oberen Schleifscheibe auf Basis der Temperaturmessung so geregelt wird, dass immer mit einer maximalen Zustellgeschwindigkeit geschliffen werden kann, bei der eine materialverändernde Überhitzung noch zuverlässig vermieden wird. Verändert sich beispielsweise die Schärfe einer der Schleifscheiben durch Selbstschärfung und/oder durch ein zwischenzeitliches Abrichten, so kann dies mit Hilfe des Temperaturmesssystems erkannt werden und es kann durch Anpassung der Zustellgeschwindigkeit beim Schleifen unmittelbar reagiert werden, ohne dass ein Bedienereingriff erfolgt.

Das Temperaturmesssystem des Ausführungsbeispiels hat eine Temperaturmesseinrichtung in Form einer Wärmebildkamera 190, die an die Steuereinheit 160 angeschlossen ist.

Die Wärmebildkamera 190 ist innerhalb des Zufuhrkanals 200 in geeignetem Abstand oberhalb des in der Arbeitsposition befindlichen Ladetellers 160 derart angebracht, dass die Spuren aller drei Reihen von Federaufnahmen 166A, 166M, 166I durch das in der Regel rechteckige zweidimensionale Bildfeld 192 der Wärmebildkamera führen. Die Temperaturmessung erfolgt durch die Mündungsöffnung 202 hindurch.

Die Wärmebildkamera hat einen für Infrarotlicht empfindlichen zweidimensionalen Temperatursensor, der eine zweidimensionale ortsauflösende Temperaturmessung erlaubt. Die Wärmebildkamera ist von oben auf die aus dem Schleifraum austretenden Schraubendruckfedern gerichtet, so dass die Temperatur an den unmittelbar vorher durch Schleifen bearbeiteten oberen Stirnseiten der Schraubendruckfedern unmittelbar nach Austritt aus dem Schleifraum gemessen werden kann (siehe Pfeile in Fig. 3). Innerhalb des Bildfeldes können mehrere Messbereiche für eine gleichzeitige Temperaturmessung definiert werden, so dass es möglich ist, separat für jede der drei Reihen von Schraubendruckfedern ein eigenes Temperatursignal zu erzeugen und an die Steuereinrichtung 160 weiterzuleiten.

Im Betrieb der Maschine wird die Wärmebildkamera 190 durch die sie umströmende Kühlluft gekühlt und dadurch auf gleichmäßiger Temperatur gehalten, wodurch die Messergebnisse langzeitstabil bleiben. Die in Richtung Mündungsöffnung 202 strömende Kühlluft schützt das Eintrittsfenster der Wärmebildkamera zuverlässig vor Funken und anderen partikelartigen Bearbeitungsprodukten, die z.B. durch Verwirbelung ansonsten in den Bereich der Wärmebildkamera gelangen könnten. Die Wärmebildkamera muss dadurch praktisch nicht mehr für Reinigungs- oder Wartungszwecke entnommen werden.

Bei der Variante der Fig. 7 ist ein Temperaturmesssystem vorgesehen, das eine als Wärmebildkamera ausgestaltete Temperaturmesseinrichtung 795 aufweist, welche in einer seitlichen Erweiterung 210 des Zufuhrkanals 200 außerhalb des vertikalen Hauptkanals, aber innerhalb des schützenden Gehäuses des Zufuhrkanals angeordnet ist. Die seitliche Erweiterung kann, wie dargestellt, in einer Radialebene zur Drehachse des Ladetellers liegen, ggf. aber auch eine andere Orientierung haben, z.B. in Tangentialrichtung zur Laufbahn der Federn. Das Eintrittsfenster der Wärmebildkamera sitzt in der Nähe der Einmündung der seitlichen Erweiterung in den vertikalen Hauptkanal der Kühlluftzufuhr derart, dass diese Temperarturmesseinrichtung in einem durch den Zufuhrkanal erzeugten Kühlluftstrom angeordnet ist, der auch in die seitliche Erweiterung so hineinreicht, dass eine Kühlwirkung vorhanden ist. Auch bei dieser Anordnung

schützt die in Richtung Mündungsöffnung 202 strömende Kühlluft das Eintrittsfenster der Wärmebildkamera zuverlässig vor Funken und anderen partikelartigen Bearbeitungsprodukten, so dass die Wärmebildkamera praktisch nicht mehr für Reinigungs- oder Wartungszwecke entnommen werden muss.

Die Temperaturmessung erfolgt wie bei der anderen Variante durch die Mündungsöffnung 202 hindurch an der Oberseite der im Ladeteller 160 aufgenommenen Feder F. Allerdings wird in einer schräg zur Vertikalen verlaufenden Messrichtung, also aus einer anderen Perspektive, gemessen. Hierdurch ist es unter anderem besonders einfach möglich, die Temperatur alternativ oder zusätzlich zu einer Messung an der geschliffenen Stirnfläche auch an einer Windung im Inneren der Feder und/oder mit Abstand von der zu schleifenden Stirnfläche zu messen. Beispielsweise kann ein Messpunkt bzw. ein Messort an der Innenseite derjenigen letzten Windung an der dem Kühlkanal gegenüber liegenden Seite der Feder, also am unteren Ende der Feder in Fig. 7, liegen.

Eine derartige Anordnung außerhalb des vertikalen Hauptkanals kann z.B. gewählt werden, wenn die Kühlluftzufuhr im Hauptkanal nicht gestört werden soll. Die Temperaturmesseinrichtung 795 in der seitlichen Erweiterung kann alternativ zu einer Temperaturmesseinrichtung im Hauptkanal vorgesehen sein.

Es ist, wie gezeigt, auch möglich, selbst bei begrenztem Bauraum zwei voneinander unabhängige Temperaturmesseinrichtungen 790, 795 zu installieren. Diese können entweder an derselben Messstelle messen oder an zwei gegeneinander versetzt liegenden Messstellen. Die Messergebnisse können durch Vergleich, Verrechnung oder auf andere Weise zueinander in Beziehung gesetzt werden, um die Zuverlässigkeit der Messung zu erhöhen.

In der Steuereinheit 160 ist ein Steuerprogramm aktiv, welches die von der (mindestens einen) Wärmebildkamera erzeugten Temperatursignale weiterverarbeiten kann, so dass die Steuerung der an die Steuereinheit angeschlossenen Einheiten der Federendenschleifmaschine auf Basis der Ergebnisse der Temperaturmessung erfolgen kann. Zu den Betriebsparametern, die auf Basis von Temperatursignalen gesteuert bzw. geregelt werden können, gehören unter anderem die Zustellung einer oder mehrerer Schleifscheiben, die Drehzahl des in Arbeitsposition befindlichen Ladetellers, die Drehzahl der oberen Schleifscheibe und/oder die Drehzahl der unteren Schleifscheibe. Auf Basis von Temperatursignalen können auch Informationen zum Verschleißzustand der Schleifscheiben ermittelt werden. Einige Möglichkeiten werden im Folgenden näher erläutert.

Fig. 5 zeigt in den Teilfiguren 5A und 5B jeweils oben schematisch den Verschleißzustand der unteren Schleifscheibe und darunter ein Temperatur-Zeit-Diagramm, welches die Abhängigkeit der Temperatur T der Stirnseiten von Schraubendruckfedern in den drei unterschiedlich weit vom Drehzentrum des Ladetellers entfernten Reihen in Abhängigkeit von der Schleifzeit t_S darstellen. Die mit "I" gekennzeichnete Kurve repräsentiert dabei den Temperaturverlauf an der inneren Reihe (geringster Abstand zum Drehzentrum), der Buchstabe "M" repräsentiert die mittlere Reihe und der Buchstabe "A" repräsentiert die außen liegende Reihe, deren Schraubendruckfedern den größten Abstand vom Drehzentrum des Ladetellers haben.

In Fig. 5A sind die Temperaturverläufe gezeigt, die sich an einer neu abgerichteten Schleifscheibe S ergeben, deren für den Schleifeingriff vorgesehene Seitenfläche noch plan und schnittfreudig ist. Im Beispielsfall liegt die Temperatur nach einer gewissen Schleifzeit bei den Schraubendruckfedern der äußeren Reihe A etwas höher als bei der inneren Reihe I. Es könnte auch umgekehrt sein. Fig. 5B zeigt eine spätere Situation, bei der bereits ein radial ungleichmäßiger Verschleiß der Schleifscheibe S stattgefunden hat. Es ist erkennbar, dass die Temperaturdifferenzen zwischen den einzelnen Reihen größer geworden sind. Im näher am Drehzentrum der Schleifscheibe liegenden Innenbereich der Schleifscheibe war der Verschleiß geringer, so dass hier ein höherer Schleifdruck vorliegt, der die höhere Temperatur der äußeren Reihe A bedingt. Es ist somit ersichtlich, dass es möglich ist, durch Messung der Temperatur in mehreren radial unterschiedlichen Positionen über die Temperaturdifferenz und ggf. deren zeitlichen Verlauf auf eventuell ungleichmäßigen Verschleiß der Schleifscheibe zu schließen. Damit lässt sich beispielsweise ein optimaler Zeitpunkt des Abrichtens bestimmen.

Im Beispielfall ist die Steuereinheit 160 so programmiert, dass ein Abrichtprozess automatisch eingeleitet wird, wenn die Temperaturdifferenz ΔT_R größer als ein voreingestellter Temperaturdifferenz-Schwellwert wird. Dadurch können Qualitätseinbußen aufgrund ungleichmäßigen Verschleißes der Schleifscheiben vermieden werden, ohne dass ein Bediener eingreifen muss. Das Abrichten wird rechtzeitig vor Eintritt von Qualitätseinbußen eingeleitet, jedoch auch nicht früher als nötig.

Infolge der unterschiedlichen Schleifwege der inneren und äußeren Federreihen im Ladeteller kann es zu einer unterschiedlichen Erwärmung, aber auch zu unterschiedlichen Federlängen bei den verschiedenen Federreihen kommen. Durch die Messung der Temperatur der verschiedenen Federreihen kann gegebenenfalls manuell oder automatisch ein Abrichtprofil ermittelt werden, mit dem in allen Federreihen im Wesentlichen der gleiche Prozess bzw. die gleiche Schleiftemperatur erreicht wird. Dadurch würde dann angezeigt, dass ein gleichmäßiger Abtrag in allen Federreihen erfolgt.

Anhand von Fig. 6 wird eine weitere Möglichkeit der Prozessoptimierung mit Hilfe einer temperaturabhängigen Schleifprozessregelung erläutert. Gerade am Anfang eines Schleifprozesses wird bisher häufig nicht mit optimaler, sondern mit zu niedriger Abtragsleistung geschliffen. Die Zustellung einer zustellbaren Schleifscheibe im Zustellverfahren führt zunächst zu einem Einfedern der zu schleifenden Schraubendruckfedern, so dass sich der Schleifdruck erst langsam aufbaut. Ein typischer Temperaturverlauf bei einem konventionellen Zustellverfahren ist in dem Temperatur-Schleifzeit-Diagramm von Fig. 6 als Kurve "SDT" schematischer dargestellt. Bei Nutzung der Temperaturüberwachung (gestrichelte Kurve TEMP) kann dagegen gerade in der Anfangsphase der Zustellung sehr schnell, d.h. mit hoher Zustellgeschwindigkeit gefahren werden, ohne die Schraubendruckfedern thermisch zu überlasten. Damit kann die Produktivität zusätzlich erhöht werden.

Bei einer Verfahrensvariante wird davon ausgegangen, dass für das gewählte Federmaterial und eventuell andere Federparameter eine Grenztemperatur T_G existiert, bei deren Überschreitung temperaturbedingte Materialschädigungen nicht mehr zuverlässig ausgeschlossen werden können. Der Schleifprozess sollte daher so gefahren werden, dass ein gewisser Sicherheitsabstand von dieser Grenztemperatur zuverlässig eingehalten wird. Weiterhin soll im Hinblick auf möglichst hohe Produktivität mit insgesamt großer Zustellgeschwindigkeit gearbeitet werden, damit die Schleifoperation in möglichst kurzer Zeit zum gewünschten Endmaß führt. Der Prozess wird nun so gefahren, dass die Zustellung zunächst mit einer vorgegebenen maximalen Zustellgeschwindigkeit erfolgt, bis ein Schaltpunkt SP erreicht ist, bei dem sich die Temperatur T bis auf eine vorgegebene Temperaturdifferenz ΔT an die Grenztemperatur T_G angenähert hat. Nach Erreichen des Schaltpunktes wird die Zustellgeschwindigkeit reduziert und dann so gesteuert, dass die Temperaturdifferenz ΔT zur Grenztemperatur im Wesentlichen konstant bleibt, bis das angestrebte Endmaß der Schraubendruckfedern erreicht ist. Danach wird die zustellbare Schleifscheibe zurückgefahren, so dass die Temperatur unmittelbar stark sinkt. Anhand der schematischen Darstellung in Fig. 6 ist erkennbar, dass die Schleifoperation bei dieser Prozessführung überwiegend relativ nahe an der Leistungsgrenze, aber in ausreichendem Sicherheitsabstand zur Grenztemperatur erfolgt, so dass die Schleifzeit insgesamt deutlich geringer sein kann als bei dem konventionellen, vorsichtigeren Vorgehen.

Anhand der Ausführungsbeispiele wurden einige Verfahrensmöglichkeiten erläutert. Bei einer nicht bildlich dargestellten Ausführungsform kann die Temperatur gleichzeitig oder zeitlich versetzt an beiden Enden der Schraubendruckfedern gemessen werden. Damit ist die Möglichkeit gegeben, durch eine temperaturgeregelte Variation der Schnittgeschwindigkeit bzw. Drehgeschwindigkeit der oberen und der unteren Schleifscheibe sicherzustellen, dass beide Federenden an der Leistungsgrenze, aber unterhalb der Grenztemperatur geschliffen werden. Hierdurch

kann die Produktivität nochmals erhöht werden. Zur Erfassung der Temperatur der Federn an ihrer Unterseite kann beispielsweise eine zweite Wärmebildkamera im Bereich unterhalb des Ladetellers vorgesehen sein. Es ist auch möglich, eine schräge Messung durch die Mitte der Feder hindurch von oben in den Bereich des abgewandten unteren Federendes durchzuführen.

Eine In-Process-Temperaturmessung während der Schleifoperation beim Federendenschleifen erlaubt es auch, eventuelle Maßnahmen zur Kühlung oder Absaugung des Schleifraums punktgenau auf das Schleifgut auszurichten und somit federspezifisch zu bestimmen. Hierzu können servogesteuerte Düsen mit Rückmeldung und/oder Regelung der Düsenposition über die Federtemperatur vorgesehen sein.

- - - - - - - - - - - - - - -

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schleifen von Federenden von Schraubendruckfedern unter Verwendung einer numerisch gesteuerten Federendenschleifmaschine (100), die eine Schleifeinheit (120), eine Ladeeinheit (150) und eine Steuereinheit (160) zur Steuerung der Ladeeinheit und der Schleifeinheit aufweist, wobei
die Schleifeinheit ein Schleifscheibenpaar mit zwei drehbaren Schleifscheiben (130, 140) aufweist, zwischen denen ein Schleifraum (135) gebildet ist, und
die Ladeeinheit mindestens einen im Wesentlichen achsparallel mit den Schleifscheiben drehbaren Ladeteller (160, 170) aufweist, der eine Vielzahl von außeraxialen Federaufnahmen (166) zur Aufnahme jeweils einer Schraubendruckfeder (F) hat,
wobei während einer Schleifoperation in Federaufnahmen aufgenommene Schraubendruckfedern durch Drehung des Ladetellers sukzessive durch den Schleifraum zwischen die drehenden Schleifscheiben transportiert werden und dabei jeweils beide Federenden der im Schleifraum befindlichen Schraubendruckfedern gleichzeitig durch Schleifen bearbeitet werden,
dadurch gekennzeichnet
dass während der Schleifoperation an mindestens einer der Schraubendruckfedern durch eine Temperaturmessung ein die Temperatur repräsentierendes Temperatursignal ermittelt wird, wobei die Temperaturmesseinrichtung in einem Zufuhrkanal für Kühlluft und/oder in einem durch den Zufuhrkanal erzeugten Kühlluftstrom derart angeordnet ist, dass die Temperaturmesseinrichtung durch einen Kühlluftstrom gekühlt und gegen Verschmutzung geschützt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Steuerung der Federendenschleifmaschine in Abhängigkeit von dem Temperatursignal erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, worin die Temperaturmessung durch einen Mündungsbereich des Zufuhrkanals hindurch erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, worin die Temperatur im Bereich einer ersten an ein Federende anschließenden Windung der Schraubendruckfeder gemessen wird, insbesondere direkt an einer durch Schleifen bearbeiteten Stirnseite der Schraubendruckfeder (F).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Temperatur berührungslos gemessen wird, insbesondere unter Verwendung einer Wärmebildkamera (190).

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine ortsauflösenden Temperaturmessung, bei der die Temperatur an zwei oder mehr mit Abstand zuei-

nander liegenden Messpositionen an einer Schraubendruckfeder oder an mehreren unterschiedlichen Schraubenfedern gemessen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin in der Steuereinheit (160) ein Steuerprogramm aktiv ist, das zur Verarbeitung des Temperatursignals oder eines daraus abgeleiteten Signals konfiguriert ist und worin die Steuereinheit mindestens einen Betriebsparameter der Schleifeinheit (120) und/oder der Ladeeinheit (150) in Abhängigkeit des Temperatursignals während der Schleifoperation ändert.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Grenztemperatur (TG) vorgegeben wird, die einer tolerierbaren Maximaltemperatur entspricht, und worin die Steuerung derart durchgeführt wird, dass die Temperatur der Schraubenfeder an einer Messstelle zu keiner Zeit während der Schleifoperation die Grenztemperatur (T_G) übersteigt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin während der Schleifoperation eine der Schleifscheiben mit einer durch die Steuereinheit vorgebbaren Zustellgeschwindigkeit in Richtung auf die andere Schleifscheibe zugestellt wird und worin die Zustellgeschwindigkeit in Abhängigkeit von dem Temperatursignal gesteuert wird, wobei vorzugsweise die Zustellung mit einer vorgegebenen maximalen Zustellgeschwindigkeit erfolgt, bis ein Schaltpunkt (SP) erreicht ist, bei dem sich die Temperatur bis auf eine vorgebbare Temperaturdifferenz (ΔT) an eine vorgebbare Grenztemperatur (T_G) angenähert hat, wobei vorzugsweise nach Erreichen des Schaltpunkts die Zustellgeschwindigkeit so gesteuert wird, dass die Temperaturdifferenz zu der Grenztemperatur im Wesentlichen konstant bleibt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Temperatur der Schraubendruckfeder außerhalb des Schleifraums (135) ermittelt wird, wobei vorzugsweise die Temperatur an einer Schraubendruckfeder unmittelbar nach Austritt der Schraubenfeder aus dem Schleifraum gemessen wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin Schraubendruckfedern in unterschiedlichen radialen Abständen zur Drehachse des Ladetellers angeordnet werden, wobei für mindestens zwei radiale Abstände separate Temperatursignale erfasst und gemeinsam verarbeitet werden, wobei vorzugsweise auf Basis der separaten Temperatursignale Daten für ein radiales Abrichtprofil einer Schleifscheibe ermittelt werden und/oder wobei auf Basis der separaten Temperatursignale der Verschleißzustand der Schleifscheibe bewertet wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Speicher der Steuereinheit Referenzschleifoperationsdaten gespeichert werden, die mindestens einen zeitabhängigen funktionalen Zusammenhang zwischen der Änderung eines Schleifparameters und einer davon abhängigen Änderung der Temperatur von Schraubendruckfedern repräsentieren, und dass die Schleifoperation unter Berücksichtigung der Referenzschleifoperationsdaten gesteuert wird, wobei vorzugsweise vor einer für einen Produktionsprozess vorgesehenen Schleifoperation mindestens eine Referenzschleifoperation zur Ermittlung von Referenzschleifoperationsdaten durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung von mindestens einem Gebläse für Luftzufuhr und/oder für die Absaugung von Luft in Abhängigkeit von Temperatursignalen der Temperaturmessung durchgeführt wird.

14. Federendenschleifmaschine (100) zum Schleifen von Federenden von Schraubendruckfedern umfassend:
eine Schleifeinheit (120), die ein Schleifscheibenpaar mit zwei drehbaren Schleifscheiben (130, 140) aufweist, zwischen denen ein Schleifraum (135) gebildet ist;
eine Ladeeinheit (150), die mindestens einen im Wesentlichen achsparallel mit den Schleifscheiben drehbaren Ladeteller (160, 170) aufweist, der eine Vielzahl von außeraxialen Federaufnahmen (166) zur Aufnahme jeweils einer Schraubendruckfeder (F) hat; und
eine Steuereinheit (160) zur Steuerung der Ladeeinheit und der Schleifeinheit,
wobei in Federaufnahmen aufgenommene Schraubendruckfedern durch Drehung eines in einer Arbeitsposition angeordneten Ladetellers sukzessive durch den Schleifraum transportierbar sind und dabei jeweils beide Federenden der im Schleifraum befindlichen Schraubendruckfedern gleichzeitig durch Schleifen bearbeitbar sind;
gekennzeichnet durch
ein Temperaturmesssystem mit mindestens einer Temperaturmesseinrichtung (190), die dafür eingerichtet ist, während einer Schleifoperation an mindestens einer der Schraubendruckfedern ein die Temperatur repräsentierendes Temperatursignal zu ermitteln und zur Weiterverarbeitung abzugeben, wobei die Temperaturmesseinrichtung (190) in einem zu einer Kühleinrichtung gehörenden Zufuhrkanal (200) für Kühlluft und/oder in einem durch den Zufuhrkanal erzeugten Kühlluftstrom angeordnet ist.

15. Federendenschleifmaschine nach Anspruch 14, worin die Temperaturmesseinrichtung (190) innerhalb eines Zufuhrkanals (200) der Kühleinrichtung derart angeordnet ist, dass die Temperaturmessung durch einen Mündungsbereich (202) des Zufuhrkanals hindurch erfolgt.

16. Federendenschleifmaschine nach Anspruch 15, worin der Zufuhrkanal (200) von oben zur Oberseite des in der Arbeitsposition angeordneten Ladetellers (160) verläuft, die Mündungsöffnung (202) in einem Abstand oberhalb eines Austrittsbereichs dort angeordnet ist, wo die Schraubendruckfedern den Schleifraum verlassen, wobei vorzugsweise die Mündungsöffnung im Vergleich zum Durchmesser des Zufuhrkanals in einem weiter entfernten Bereich klein ist.

17. Federendenschleifmaschine nach Anspruch 14, 15 oder 16, worin die Temperaturmesseinrichtung (190) an die Steuereinheit (160) zur Signalübertragung angeschlossen ist und in der Steuereinheit ein Steuerprogramm aktiv oder aktivierbar ist, das derart zur Verarbeitung des Temperatursignals oder eines daraus abgeleiteten Signals konfiguriert ist, dass die Steuereinheit mindestens einen Betriebsparameter der Schleifeinheit und/oder der Ladeeinheit in Abhängigkeit von dem Temperatursignal während der Schleifoperation verändern kann.

18. Federendenschleifmaschine nach Anspruch 14, 15, 16 oder 17, worin das Temperaturmesssystem mindestens einen flächig messenden Temperatursensor aufweist, vorzugsweise in Form einer Wärmebildkamera (190), wobei vorzugsweise in einem Bildfeld der Wärmebildkamera zwei oder mehr Messbereiche definierbar sind, so dass zeitgleich die Temperatur an unterschiedlichen Stellen einer Schraubendruckfeder oder an unterschiedlichen Schraubendruckfedern messbar ist.

19. Federendenschleifmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 18, worin die Temperaturmesseinrichtung (190) so angebracht ist, dass eine Temperaturmessung während einer Schleifoperation unmittelbar nach Austritt der Schraubendruckfedern aus dem Schleifraum (135) durchführbar ist, wobei vorzugsweise die Federendenschleifmaschine einen verfahrbaren Schutzschild (128) aufweist, der in einer Betriebsstellung den Schleifraum (135) in Richtung von freiliegenden Teilen des in den Schleifraum eingreifenden Ladetellers abschließt, wobei eine Temperaturmesseinrichtung an der den Schleifscheiben (130, 140) abgewandten Seite des Schutzschildes angebracht.

20. Federendenschleifmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 19, die zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 konfiguriert ist.

- - - - - - - - - - - - - -

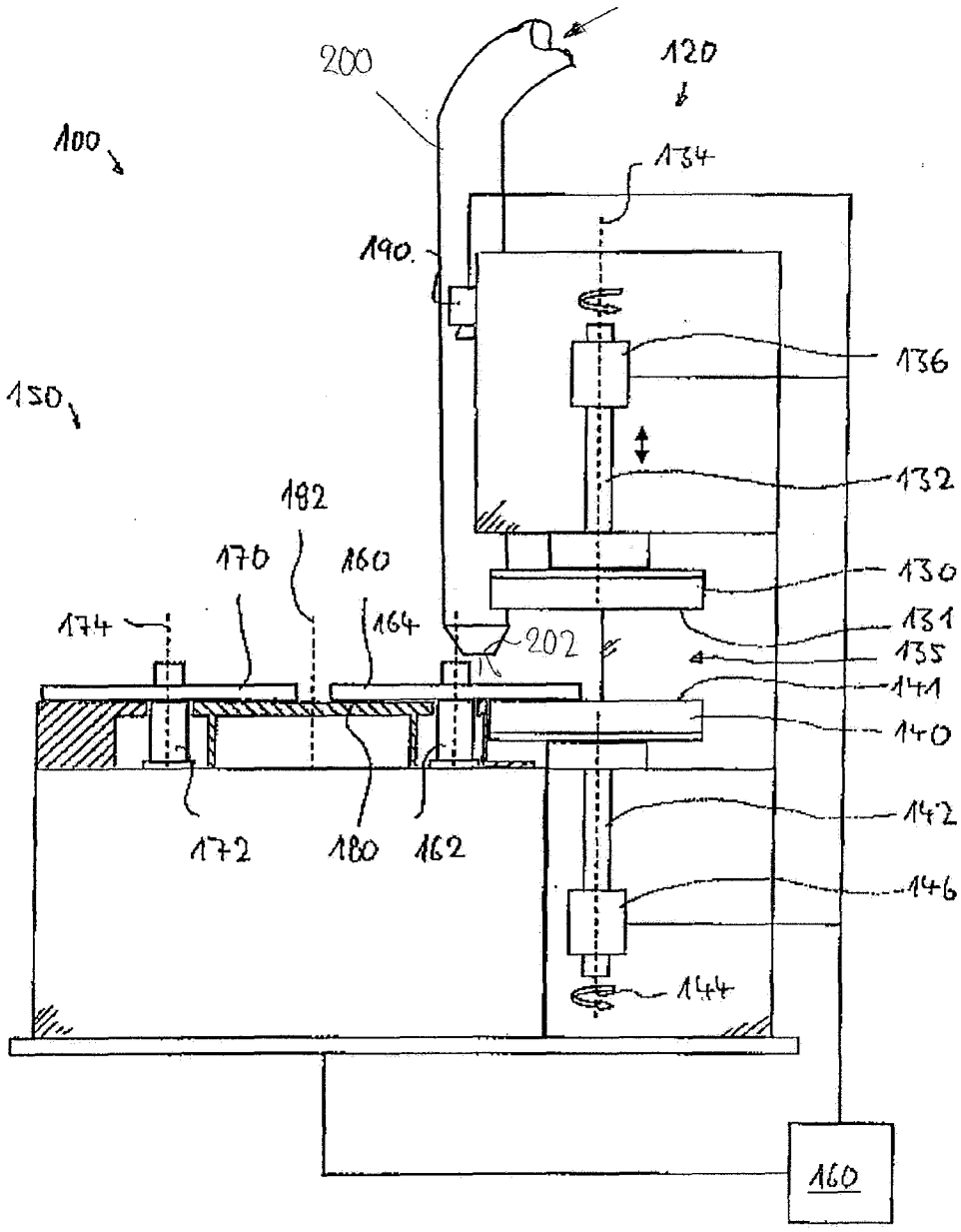

200
120
100
134
190
136
150
132
182
170
160
130
174
164
202
131
135
141
140
142
172
180
162
146
144
160

Fig. 1

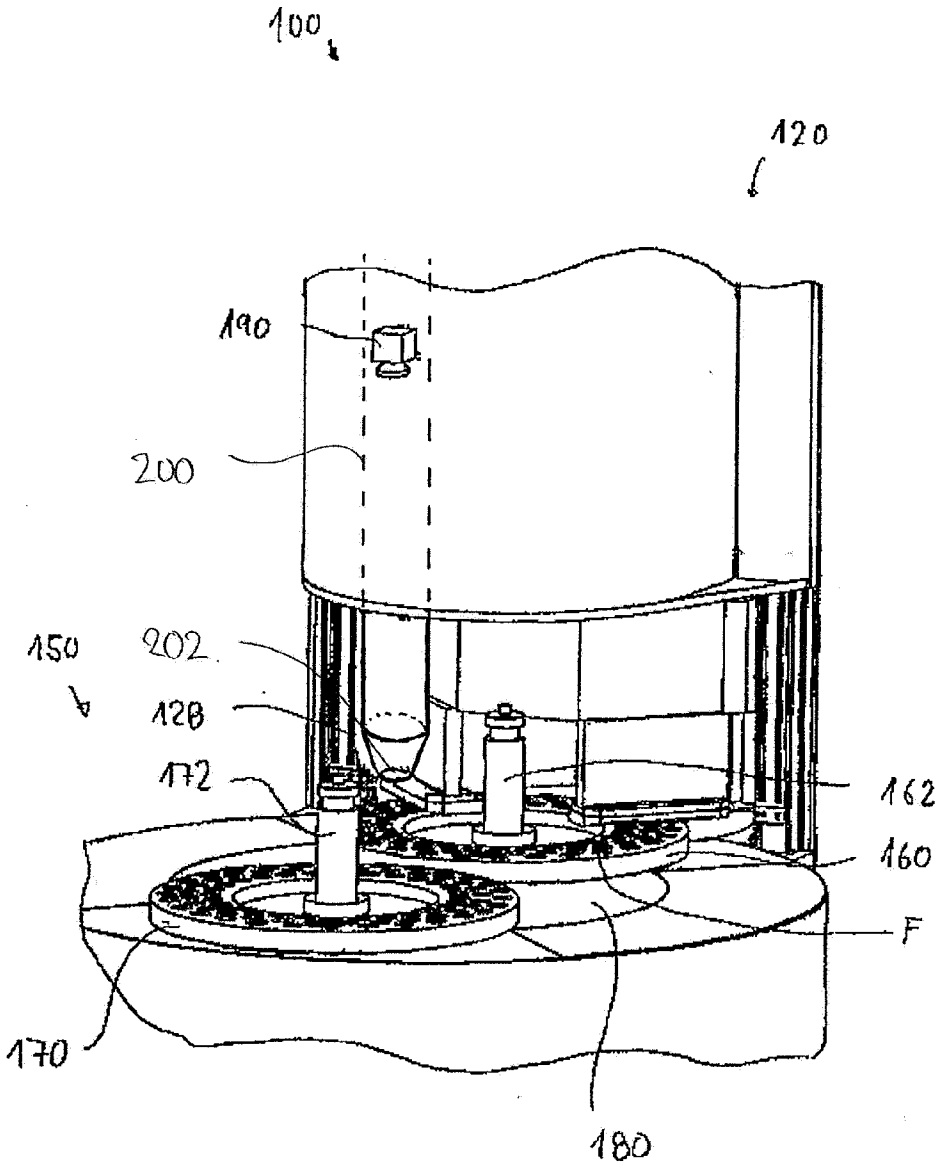


Fig. 2

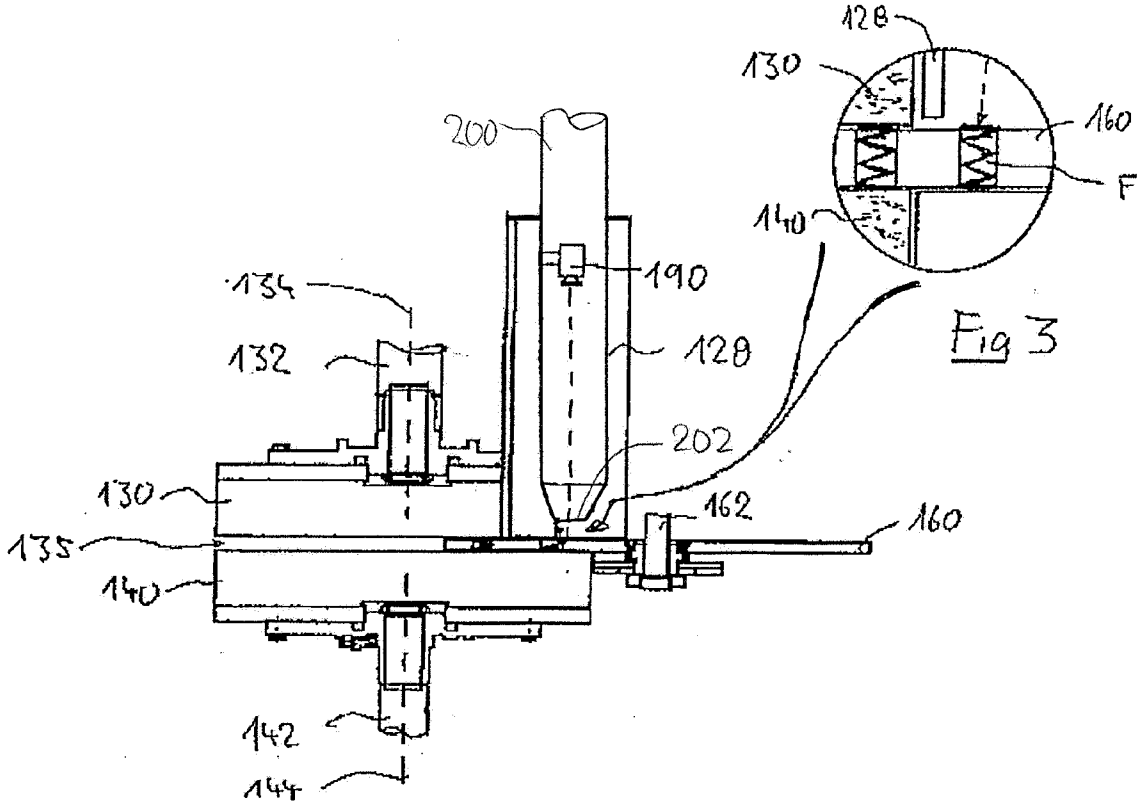

128
130
160
F
140
200
190
134
132
128
202
130
162
160
135
140
142
144

Fig 3

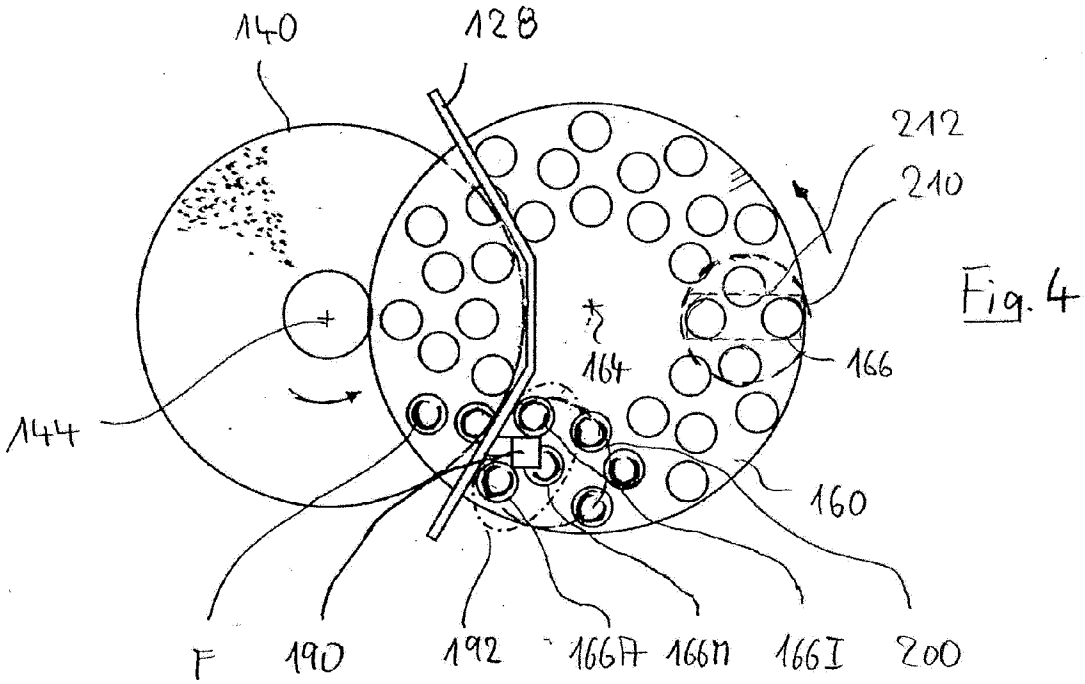

140
128
212
210
164
166
144
160
F
190
192
166A
166M
166I
200

Fig. 4

Fig. 5

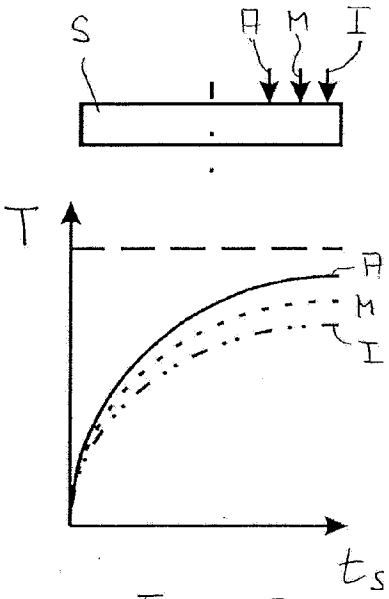


Fig. 5A

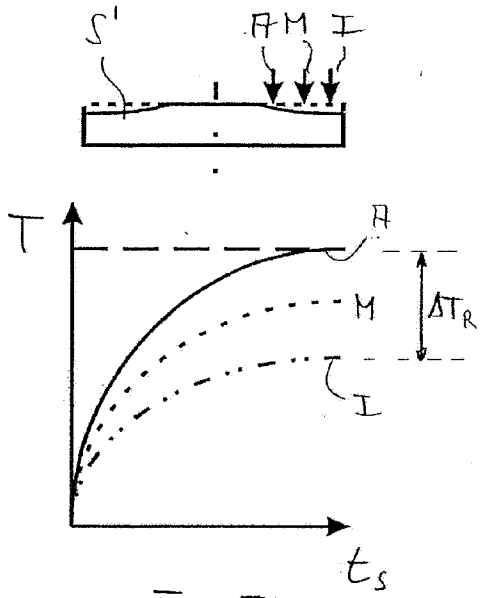


Fig. 5B

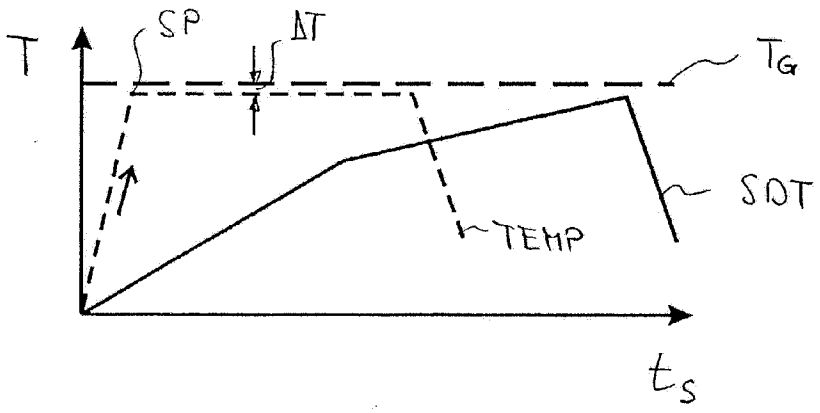
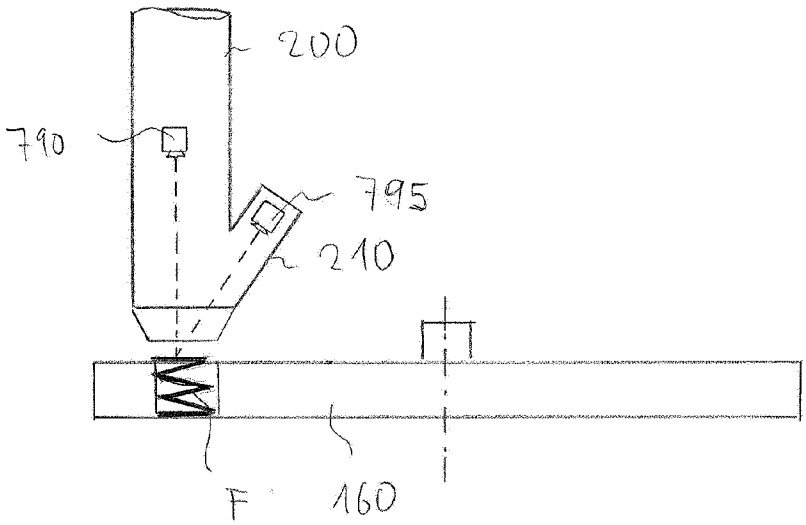


Fig. 6

Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/062025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B24B7/16 B24B7/17 B24B49/14 B24B55/02
ADD.

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)
B24B B23Q

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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CH 577 873 A5 (SCHENKER EMIL STOREN UND MASCH) 30 July 1976 (1976-07-30) column 1, lines 1-8,31-42 column 2, lines 1-19 figures 1-3	1-20
A	DE 10 2007 013058 A1 (SILTRONIC AG [DE]; WOLTERS PETER FA [DE]) 25 September 2008 (2008-09-25) paragraphs [0054], [0058], [0068], [0069], [0070], [0072] figure 26	1-20
A	JP 2009 279709 A (ASAHI SEIKI MFG) 3 December 2009 (2009-12-03) cited in the application the whole document	1-20

☐ 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
6 August 2014	18/08/2014

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Endres, Mirja

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2014/062025

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CH 577873 A5	30-07-1976	CH 577873 A5	30-07-1976
		DE 2602772 A1	26-08-1976
		FR 2302176 A1	24-09-1976
		GB 1498914 A	25-01-1978
		IT 1060302 B	10-07-1982
		JP S51109593 A	28-09-1976
		US 3992820 A	23-11-1976
DE 102007013058 A1	25-09-2008	NONE	
JP 2009279709 A	03-12-2009	JP 4964826 B2	04-07-2012
		JP 2009279709 A	03-12-2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/062025

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B24B7/16 B24B7/17 B24B49/14 B24B55/02
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B24B B23Q

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CH 577 873 A5 (SCHENKER EMIL STOREN UND MASCH) 30. Juli 1976 (1976-07-30) Spalte 1, Zeilen 1-8,31-42 Spalte 2, Zeilen 1-19 Abbildungen 1-3	1-20

A	DE 10 2007 013058 A1 (SILTRONIC AG [DE]; WOLTERS PETER FA [DE]) 25. September 2008 (2008-09-25) Absätze [0054], [0058], [0068], [0069], [0070], [0072] Abbildung 26	1-20

A	JP 2009 279709 A (ASAHI SEIKI MFG) 3. Dezember 2009 (2009-12-03) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-20

☐ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. August 2014	18/08/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Endres, Mirja

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/062025

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CH 577873 A5	30-07-1976	CH 577873 A5	30-07-1976
		DE 2602772 A1	26-08-1976
		FR 2302176 A1	24-09-1976
		GB 1498914 A	25-01-1978
		IT 1060302 B	10-07-1982
		JP S51109593 A	28-09-1976
		US 3992820 A	23-11-1976
DE 102007013058 A1	25-09-2008	KEINE	
JP 2009279709 A	03-12-2009	JP 4964826 B2	04-07-2012
		JP 2009279709 A	03-12-2009