



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 006 037 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.08.2010 Patentblatt 2010/32

(51) Int Cl.:
B21B 1/22 (2006.01)

B21B 27/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07110866.6**

(22) Anmeldetag: **22.06.2007**

(54) **Flachprodukt aus einem Metallwerkstoff, insbesondere einem Stahlwerkstoff, Verwendung eines solchen Flachprodukts sowie Walze und Verfahren zur Herstellung solcher Flachprodukte**

Flat product made of a metallic substance, in particular a steel substance, use of such a flat product and roller and method for manufacturing such a flat product

Produit plat en métal, en particulier en acier, utilisation d'un tel produit plat tout comme presse et procédé de fabrication de tels produits plats

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

• **Meier, Roland**
59439 Holzwickede (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.12.2008 Patentblatt 2008/52

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- und Rechtsanwälte
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(73) Patentinhaber:
• **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)
• **Walzen-Service-Center GmbH**
46047 Oberhausen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 584 396 JP-A- 1 293 907
JP-A- 63 050 488 US-A- 4 798 772

(72) Erfinder:
• **Hesse, Bodo**
46537 Dinslaken (DE)
• **Kopplin, Karl-Heinz**
45239 Essen (DE)
• **Schulze-Kraasch, Folkert**
47179 Duisburg (DE)
• **Schulokat, Udo**
46535 Dinslaken (DE)
• **Weyen, Hans-Gerd**
47445 Moers (DE)
• **Rogner, Ingo**
85049 Ingolstadt (DE)
• **Herles, Torsten**
46539 Dinslaken (DE)

• **DE MARE C ET AL: "DEVELOPMENT OF THE SIBETEX SHEET HAVING EXCELLENT DRAWABILITY AND PAINT APPEARANCE"**
CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, Bd. 94, Nr. 6, Juni 1997 (1997-06), Seiten 827-836, XP000701846
ISSN: 0035-1563
• **PAWELSKI O ET AL: "EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER ARBEITSWALZEN- AUFRAUHVERFAHREN AUF DIE OBERFLÄCHENFEINSTRUKTUR BEIM NACHWALZEN VON KAROSSERIEBLECHEN"**
STAHL UND EISEN, VERLAG STAHLLEISEN, DUSSELDORF, DE, Bd. 114, Nr. 6, 13. Juni 1994 (1994-06-13), Seiten 183-188,305, XP000448210
ISSN: 0340-4803

EP 2 006 037 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Flachprodukt aus einem Metallwerkstoff, insbesondere einem Stahlwerkstoff, eine vorteilhafte Verwendung und eine zur Herstellung eines solchen Flachprodukts besonders geeignete Walze sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger Flachprodukte. Unter "Flachprodukten" werden dabei aus einem Metall oder einer Metalllegierung hergestellte Bleche, insbesondere Feinbleche, oder vergleichbar beschaffene Bänder und andere Walzerzeugnisse verstanden.

[0002] Aus Flachprodukten der hier in Rede stehenden Art werden Bauteile hergestellt, die anschließend mit einer oder mehreren Lackschichten beschichtet werden, um sie einerseits gegen mögliche Korrosion zu schützen und andererseits ihre optische Erscheinung zu optimieren. Die Güte der optischen Erscheinung wird dabei unter anderem daran beurteilt, wie stark die Oberflächenstruktur des jeweiligen Blechsubstrats sich auf die Oberfläche der Lackbeschichtung auswirkt.

[0003] Besonders hohe Anforderungen werden an das Erscheinungsbild der von außen sichtbaren Flächen von Automobil-Karosserieteilen gestellt.

[0004] In der Praxis werden die an die Lackbeschichtung von Karosseriebauteilen gestellten Anforderungen durch den Auftrag von mehrschichtigen Lacksystemen erfüllt. Diese Lacksysteme umfassen in der Regel mindestens eine so genannte "Füller-Schicht", deren Aufgabe unter anderem darin besteht, auf der zu beschichtenden Oberfläche vorhandene Unebenheiten auszugleichen.

[0005] Der mit dem Auftrag mehrschichtiger Lacksysteme auf ein Blech verbundene Aufwand ist erheblich. Neuartige Lackierprozesse erzielen Prozesskosteneinsparungen durch den Entfall der Füllerlackierung. Diese Prozesse werden vermehrt in der Automobilindustrie eingesetzt. Dabei reduziert sich die Gesamtschichtdicke des Lackaufbaus deutlich, so dass sich der Blechuntergrund bei ungenügenden Blechen im Decklack abzeichnen kann.

[0006] Ein weiteres Kriterium bei der Beurteilung der Eignung eines Metallflachprodukts für die Herstellung von Karosseriebauteilen ist sein Verhalten bei der Umformung zu dem jeweiligen Bauteil. Auch dieses wird entscheidend durch die Oberflächenstruktur des jeweiligen Flachprodukts geprägt. So bilden die auf der Oberfläche eines Metallblechs vorhandenen Vertiefungen beispielsweise beim Tiefziehen Taschen, in denen sich ein vor dem Umformen auf das Blech aufgetragenes oder in die jeweilige Form gegebenes Schmiermittel sammeln kann. Die Tragfähigkeit des von dem jeweiligen Schmiermittel gebildeten Schmierfilms hängt dabei unmittelbar von der Gestaltung und Verteilung dieser Vertiefungen ab.

[0007] Es sind verschiedene Versuche bekannt, die Oberfläche von Metallblechen so zu strukturieren, dass sie nach einer Lackierung ein optimiertes Erscheinungsbild besitzen. Beispiele für diese Versuche sind in der

JP-A 63-50488 und der JP-A 1-293907 angegeben.

[0008] Die in diesen beiden Veröffentlichungen japanischer Patentanmeldungen erläuterten regelmäßigen Oberflächenstrukturen zeichnen sich durch zylinderförmige, stempelartige Erhebungen aus, die kreisförmig von einer nutartigen Vertiefung umrandet sind und aus einer ansonsten ebenen Grundfläche herausragen.

[0009] Gemäß der JP-A 63-50488 sollen sich dabei die Plateaus der Erhebungen um etwa $2 - 10 \mu\text{m}$ oberhalb der Böden der zwischen den Erhebungen vorhandenen Talbereiche befinden. Gleichzeitig soll der gemeinsame Anteil der ebenen Plateaus der Berge und der ebenen Flächen der zwischen den Böden der Täler und den Bergplateaus vorhandenen mittelflachen Bereiche 20 - 90 % der Gesamtfläche betragen.

[0010] In der JP-A 1-293907 wird darüber hinaus gefordert, dass der Anteil der flachen, zwischen den im Querschnitt kreisförmigen und regelmäßig angeordneten Erhebungen vorhandenen Bereiche mindestens 85 % der Blechoberfläche einnehmen soll, dass die Tiefe der die Erhebungen umgebenden Täler von den flachen Bereichen ausgehend mindestens $4 \mu\text{m}$ betragen soll und bei einer Frequenzanalyse der Stahlblechoberflächengeometrie die Intensität der Wellenlängenanteile der Wellenlängen λ , die in einem Bereich von $585 \mu\text{m} \leq \lambda < 2730 \mu\text{m}$ liegen, maximal $0,6 \mu\text{m}^2$ beträgt.

[0011] Die gemäß den beiden japanischen Patentanmeldungen beschaffenen Bleche sollen im lackierten Zustand einen hervorragend lebendigen Eindruck hinterlassen. Allerdings setzen die dazu vorgegebenen Anforderungen streng deterministische Oberflächenstrukturen voraus. Insbesondere die hohen, aber nach der JP-A 1-293907 zulässigen Intensitäten in den dort genannten Wellenlängenanteilen treten nur bei deterministischen Strukturen mit starker Periodizität auf.

[0012] In der Praxis zeigt sich allerdings, dass gemäß dem voranstehend beschriebenen Stand der Technik ausgebildete regelmäßige Oberflächenstrukturen sich nur unter Schwierigkeiten mit der erforderlichen Zuverlässigkeit erzeugen lassen. Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich bei dem zu bearbeitenden Substrat um ein verzinktes Stahlblech handelt.

[0013] Vor diesem Hintergrund lag der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Flachprodukt zu schaffen, das optimierte Voraussetzungen für eine Lackbeschichtung bietet, die auch bei niedrigeren Lackschichtdicken im fertig lackierten Zustand ein hervorragendes Erscheinungsbild aufweist. Darüber hinaus sollten eine bevorzugte Verwendung eines solchen Flachproduktes, eine Walze, die zur Herstellung eines solchen Flachproduktes besonders geeignet ist, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Flachproduktes angegeben werden.

[0014] In Bezug auf das Flachprodukt ist diese Aufgabe erfindungsgemäß durch die Lehre des Anspruchs 1 gelöst worden.

[0015] Aufgrund ihres besonderen Eigenschaftsprofils lassen sich erfindungsgemäße Flachprodukte besonders für die Herstellung von Bauteilen verwenden, die

mit einer Lackschicht versehen werden sollen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die erfindungsgemäßen Produkte aus Stahl bestehen und insbesondere mit einer Korrosionsschutzschicht, beispielsweise eine Verzinkung, versehen ist. Ein solches Stahlblech kann beispielsweise mit einem Zink- oder einem Zink-Magnesium-Überzug beschichtet sein. Jedoch lassen sich die erfindungsgemäß vorgegebenen Kriterien auch für Flachprodukte anwenden, die aus anderen Metallen hergestellt sind.

[0016] Insbesondere eignen sich erfindungsgemäße Flachprodukte zur Herstellung von Karosseriebauteilen. Diese können nach ihrer Formgebung auch mit verkürzten Lackierprozessen mit einer Lackschicht versehen werden, die höchsten Anforderungen an ihre äußere Erscheinung auf dem jeweiligen Bauteil erfüllt. Besonders bemerkenswert ist dabei, dass die erfindungsgemäß vorgegebene Oberflächenstruktur eines solchen Bauteils so feingliedrig ist, dass auch schon bei einem gegenüber dem Stand der Technik stark vereinfachten Schichtaufbau der Lackierung optisch und technisch einwandfreie Beschichtungsergebnisse erzielt werden.

[0017] Hinsichtlich der zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Flachproduktes besonders geeigneten Walze besteht die Lösung der oben genannten Aufgabe erfindungsgemäß im Anspruch 5 angegebenen Gegenstand.

[0018] Schließlich stellt die Erfindung in Anspruch 6 ein Verfahren zur Verfügung, das die zuverlässige Herstellung von metallischen Flachprodukten erlaubt, die sich vereinfacht umformen und hervorragend lackieren lassen.

[0019] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass sich unter Berücksichtigung der erfindungsgemäß vorgegebenen Kriterien planmäßig ein Metallflachprodukt mit einer so feingliedrigen, stochastischen bzw. quasi-stochastischen Oberflächenstruktur zur Verfügung stellen lässt, dass sie nach einer automobil-typischen Lackapplikation wenn überhaupt, dann nur schwach visuell wahrnehmbar sind.

[0020] Gleichzeitig erfolgt bei einer erfindungsgemäß beschaffenen Oberflächentopographie der Wechsel zwischen den Bergplateaus und den Tälern über steile Flanken. Auf diese Weise ist erreicht, dass die Morphologie der Feinblechoberfläche praktisch unabhängig von der eigentlichen Tiefe der Täler ist. Im Ergebnis ist daher die Morphologie der Feinblechoberfläche eines erfindungsgemäßen Metallflachprodukts auch unabhängig vom Dressiergrad, der beim Erzeugen der Feinblechtextur durch ein Dressierwalzen angewendet wird.

[0021] Dabei kann dadurch, dass die Täler mit einer definierten Tiefe in der Oberfläche eines erfindungsgemäßen Flachproduktes vorhanden sind, das "Leervolumen" der Oberflächentopografie gezielt abgeschätzt werden. Aus dieser Abschätzung lässt sich dann mit hoher Genauigkeit ermitteln, welche Mindestschmierstoffmenge in der Praxis benötigt wird, um ein erfindungsgemäß beschaffenes Flachprodukt bei minimierten Um-

formkräften und optimalem Erhalt der Oberflächenstruktur umformen zu können.

[0022] Um die unter die Erfindung fallenden Flachprodukte zu ermitteln, wird nach folgender Maßgabe die 5 Oberfläche des jeweils betrachteten Flachprodukts untersucht und die dabei erfasste Oberflächentopographie ausgewertet:

10 1. Die Oberflächentopografie wird mittels eines Messsystems mit ausreichender Ortsauflösung bei einer Grundfläche von mindestens $0,8 \times 0,8 \text{ mm}^2$ vermessen.

15 Als geeignet für diesen Zweck haben sich Messverfahren zur Vermessung der Rauheitstopografie erwiesen, die eine Ortsauflösung $\leq 1,5 \mu\text{m}$ (lateral) und $\leq 0,05 \mu\text{m}$ (vertikal) besitzen.

20 2. Durch geeignete mathematische Verfahren werden in an sich bekannter Weise erforderlichenfalls mögliche Schieflagen in der Topografie ausgeglichen. Ein nachträgliches Nivellieren der gemessenen Topografie (Kippen bzw. Ausrichten der gesamten Topografie), kann für die Auswertung notwendig sein, damit die Berg- bzw. Tal-Bereiche für die Auswertung möglichst auf einem Niveau liegen.

25 3. Hochfrequenzanteile der Oberflächentopografie werden mittels Gauß'schem Tiefpassfilter ($\lambda_s = 10 \mu\text{m}$) beseitigt.

30 4. Es wird die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte mit einer Klassenbreite von $0,1 \mu\text{m}$ (nachfolgend kurz "Höhenverteilung" genannt) ermittelt.

35 **[0023]** Die derart erfasste und aufbereitete Oberflächentopographie erfindungsgemäßer Flachprodukte erfüllt dann folgende Kriterien:

40 a) Die Oberfläche besitzt besonders ausgeprägte Berg- und Tal-Niveaus und hat somit eine mindestens zweigipflige Höhenverteilung.

45 b) Betrachtet man allein die Topografiebereiche mit geringer Neigung (Neigung $\leq 5^\circ$, d.h. ohne "Hanganteile"), so zerfällt die Höhenverteilung in mindestens zwei lokale "Hauptmaxima". Diese Hauptmaxima sind näherungsweise normal verteilt mit einer Standardabweichung (Breite) $2 \cdot \sigma \leq 2 \mu\text{m}$ für die Berge und einer Standardabweichung (Breite) $2 \cdot \sigma \leq 1 \mu\text{m}$ für die Täler. Die Neigung der Flanken wird dabei wie folgt ermittelt: $\alpha = \tan^{-1}(|\text{grad} (z(x, y))|)$ mit $z(x, y) = \text{Höhen-}/\text{Messwerte}$

50 c) Die Fläche des oberen Hauptmaximums ist bezüglich der Höhenverteilung am größten (d. h. Berge sind häufiger als Täler).

55 d) Der Abstand zwischen dem ausgeprägten Berg-

Niveau und den Tal-Niveaus der Walzenoberfläche ist größer als der Abstand zwischen Berg- und Tal-Niveau auf der erzeugten Flachproduktoboberfläche.

e) In einer Ebene, die genau mittig zwischen Berg- und Tal-Niveau gelegen ist, beträgt die halbe Breite der Täler bzw. Berge höchstens 100 μm .

[0024] Umfangreiche Versuche haben bestätigt, dass gerade aus einem Stahlwerkstoff hergestellte, erfindungsgemäß beschaffene Flachprodukte nicht nur eine hervorragende Lackiereignung besitzen, sondern sich auch besonders gut umformen lassen. Gezielt lassen sich Rauheitstopografien so einstellen, dass die Leervolumina der zur Verfügung stehenden Schmiermittelmenge entsprechen. Hierdurch wird der Einebnungsvorgang beim Umformen günstig beeinflusst (hydrodynamische Schmierung). Die Oberflächenbeschaffenheit ist gleichmäßig und so optimiert, dass ein auf sie aufgetragenes Lackschichtsystem einen strengsten Anforderungen erfüllenden optischen Eindruck auch schon dann hinterließ, wenn bei diesem Lacksystem auf eine aufwändige Füller-Beschichtung zum Ausgleich von Unebenheiten der Oberfläche verzichtet worden ist.

[0025] Um ein erfindungsgemäßes Flachprodukt herzustellen, wird erfindungsgemäß eine Walze mit einer Oberflächenstruktur vorgesehen, die ein negatives Abbild der auf dem erfindungsgemäß Flachprodukt zu erzeugenden Topographie darstellt. Unter den oben für die Erfassung und Auswertung der Oberfläche des erfindungsgemäß Flachproduktes genannten Mess- und Auswertbedingungen gilt für die Walzenoberfläche demgemäß:

a) Die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte weist zwei ausgeprägte Maxima auf, die für entsprechend ausgeprägte Berg- und Tal-Niveaus der Oberfläche stehen.

b) Bei Betrachtung allein derjenigen Topografiebereiche, die eine Neigung von maximal 5° gegenüber der Senkrechten aufweisen, zerfällt die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte in mindestens zwei lokale Hauptmaxima. Die lokalen Hauptmaxima sind für die Täler mit einer Standardabweichung (Breite) $2\sigma \leq 10 \mu\text{m}$ und für die Berge mit einer Standardabweichung (Breite) $2\sigma \leq 1 \mu\text{m}$ näherungsweise normal verteilt.

c) Die Häufigkeit der Täler ist auf der Walzenoberfläche größer als die Häufigkeit der Berge.

d) Das die Täler repräsentierende Hauptmaximum ist gleichzeitig auch ein absolutes Maximum.

e) Der Abstand zwischen dem ausgeprägten Berg-Niveau und den Tal-Niveaus der Walzenoberfläche ist größer als der Abstand zwischen Berg- und Tal-

niveau auf der erzeugten Flachproduktoboberfläche.

f) In einer Ebene, die genau mittig zwischen Berg- und Tal-Niveau liegt, beträgt die halbe Breite der Täler bzw. Berge höchstens 100 μm , wobei mindestens 99,99 % der Topografie-Messpunkte einen minimalen Abstand zum Rand der Täler bzw. Berge besitzen, der den genannten Grenzwert erfüllt.

10 **[0026]** Eine Walze mit einer derartigen Beschaffenheit ihrer mit dem jeweils zu bearbeitenden Flachprodukt in Kontakt kommenden Walzenoberfläche lässt sich dadurch erzeugen, dass mittels eines geeigneten, aus der Praxis an sich bekannten Texturierprozesses in die Walzenoberfläche eine Grundstruktur eingeformt wird.

15 **[0027]** Ein mögliches Verfahren, um die Rauheit der Dressierwalzen gezielt einzustellen, besteht in einer Texturierung mittels Funkenerosion (Electro Discharge Texturing, EDT).

20 **[0028]** Ausgangszustand vor der Texturierung der Walze sollte dabei eine glatt geschliffene Walzenoberfläche sein. In diese Oberfläche werden durch die Funkenerosion möglichst nah benachbarte Vertiefungen eingebracht. Die zwischen den Vertiefungen verbleibenden "Stege" haben auf Grund des planen Ausgangszustands bereits die gewünschte gleiche Höhe.

25 **[0029]** Im Zuge des EDT-Verfahrens wird kurzzeitig ggf. periodisch eine definierte Spannung zwischen Elektrode und Walze angelegt. Dabei werden durch den Funkenerosionskanal Ladungsträger (Ionen) aus einem Elektrolyt heraus zur Walzenoberfläche hin beschleunigt. Beim Auftreffen auf die Walzenoberfläche lösen sie dort Walzenmaterial heraus und erzeugen eine Vertiefung. Typische Durchmesser der Vertiefungen betragen ca. 80 μm . Das heraus gelöste und geschmolzene Walzenmaterial wird über die Elektrodenspülung abtransportiert und ist nicht in der Lage, aufgrund des dielektrischen Öls sich wieder mit der Walzenoberfläche zu verbinden.

30 **[0030]** Es ist allerdings in der Praxis nicht gänzlich zu vermeiden, dass sich beim Texturierungsvorgang aufgeschmolzenes Walzenmaterial auf der ursprünglich glatt geschliffenen Oberfläche wieder ansammelt. Dieses Material kann in ebenfalls an sich bekannter Weise dadurch entfernt werden, dass die texturierte Walzenoberfläche einer gezielten spanabhebenden Bearbeitung unterzogen wird, bei der die Spitzen der auf der Walze zuvor erzeugten Oberflächentextur über ein exakt vorgegebenes Maß abgetragen werden. In der Praxis lässt sich ein solcher Materialabtrag beispielsweise durch einen Feinschleifprozess bewerkstelligen.

35 **[0031]** Besonders vorteilhaft ist das EDT-Verfahren, da ein mehrmaliges Texturieren schon texturierter Bereiche nahezu ausgeschlossen ist. Die Funkenentladung findet am wahrscheinlichsten nur dort statt, wo der Abstand zwischen Walzenoberfläche (meist die Erhebung) und Elektrode am geringsten und somit das elektrische Feld am stärksten und dichtesten ist. An den Stellen, an denen durch Funkenentladung sich eine Vertiefung ge-

bildet hat, ist eine weitere Funkenentladung unwahrscheinlich. Dieses ermöglicht eine hohe Dichte an Funkenentladungen und eine entsprechend feingliedrige Walzenoberflächentextur. Die Vertiefungen sind häufig "überlappend eingeschossen". Bei vollständiger Oberflächenbedeckung ergeben sich jetzt Stege in unterschiedlichen Höhen.

[0032] Aufgrund der unterschiedlichen Steghöhen werden die texturierten Dressierwalzenoberflächen nachträglich mittels Band-"SuperFinish", kurz mit SF bezeichnet, abgeschliffen. Dieses Verfahren ist Gegenstand der deutschen Patentanmeldung 10 2004 013 031, einer unter der Nummer EP 1 584 396 A2 veröffentlichten europäischen Patentanmeldung sowie einer US-amerikanischen Patentanmeldung, die die Serial-No. 10/082,214 erhalten hat.

[0033] Das Band-Superfinishen ist die aktuelle Technologie zur Optimierung der Feinstbearbeitung von Walzenoberflächen. Durch die stufenlos regelbare Zufuhr von ständig neuem Schleifmittel wird ein über die gesamte Oberfläche gleichmäßiges und ansatzfreies Finish erzeugt. Abgeschliffen werden nur die höchsten Spitzen des Walzenbasismaterials. Anschließend befinden sich die obersten Steghöhen auf einem nahezu einheitlichen Niveau.

[0034] Des Weiteren lassen sich durch das SuperFinish steile Hangwinkel erzeugen.

[0035] Als im Hinblick auf die Erfindung besonders günstig hat sich in diesem Zusammenhang herausgestellt, dass, wie in Fig. 1 anhand eines Ausschnitts eines Schnitts durch eine erfindungsgemäß beschaffene Walzenoberfläche schematisch dargestellt, durch den gezielten, auf die Texturierung folgenden Materialabtrag insbesondere mittels Superfinish-Bandschleifen steile Übergänge U zwischen den Plateaus P der "Berge" B und den Solen O der "Täler" T erzielt werden können. Wie oben bereits erläutert, haben die auf diese Weise erzeugten steilen Hangwinkel β der Übergänge U wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften der Oberflächen erfindungsgemäßer Flachprodukte. Durch das nachträgliche Abtragen der Spitzen S der nach dem Texturierschritt erhaltenen Oberflächentextur wird erreicht, dass die räumliche Verteilung der Vertiefungen in der späteren Feinblechoberfläche praktisch unabhängig vom verwendeten Dressiergrad und dem Abstand zwischen Berg- und Tal-Niveau ist. Steile Hangwinkel sind ein wesentlicher Bestanteil der erfindungsgemäßen Oberfläche, damit die räumliche Verteilung der Vertiefungen in der späteren Feinblechoberfläche praktisch unabhängig vom verwendeten Dressiergrad und dem Abstand zwischen Berg- und Tal-Niveau ist.

[0036] Das bekannte, in der EP 1 584 396 A2 (Band-Superfinishen) beschriebene Verfahren erweist sich in Bezug auf die Erfindung als besonders vorteilhaft.

[0037] Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Flachprodukts wird zunächst ein aus einem Metallwerkstoff bestehendes Flachprodukt zur Verfügung gestellt, bei dem zumindest

die mit der erfindungsgemäßen Oberflächentopographie zu versehende Oberfläche eine arithmetische Mitterrauheit von max. 1,5 μm aufweist. Anschließend wird dieses Flachprodukt einer Dressierwalzung unterzogen, bei der eine gemäß Anspruch 4 beschaffene Walze auf die jeweilige Oberfläche wirkt, so dass ein Flachprodukt erhalten wird, dessen Oberflächentopographie den erfindungsgemäßen Anforderungen genügt.

[0038] Wesentlich ist dabei, dass die Vertiefungen, die beim Dressieren durch die Spitzen der Walzenoberfläche in die Feinblechoberfläche eingebracht werden, möglichst auf einem Niveau liegen, um die erfindungsgemäß vorgeschriebene zwei-gipfligen Höhenverteilung der Oberflächentopographie des Flachproduktes sicher zu erreichen.

[0039] Im Hinblick auf die Eignung eines erfindungsgemäßen Flachprodukts zur Umformung erweist es sich als besonders günstig, wenn die Oberfläche eines erfindungsgemäßen Flachprodukts so beschaffen ist, dass bei einem horizontalen Schnitt durch die Topografie mit maximal 80% Materialflächenanteil das Leervolumen unterhalb der Schnittebene pro Messfläche kleiner als 0,15 ml/m^2 ist. Gleichzeitig sollten bei einem horizontalen Schnitt durch die Topografie mit mindestens 20% Materialflächenanteil oberhalb der Schnittebene das Materialvolumen pro Messfläche kleiner als 0,15 ml/m^2 sein. Des Weiteren ist es in diesem Zusammenhang vorteilhaft, wenn das unterhalb einer horizontalen Schnittebene mit 20% Materialflächenanteil eingeschlossene Leervolumen mindestens 0,8 ml/m^2 beträgt. Praktische Untersuchungen an derart erfindungsgemäß beschaffenen verzinkten Stahlblechen haben ergeben, dass bei dieser Aufteilung des Leervolumens der in das jeweilige Blech eingebrachten Vertiefungen stets ein für eine einwandfreie Umformung in einem Tiefziehwerkzeug hinreichende Ölvolume zur Verfügung steht. So lässt sich bei dieser Gestaltung der Oberflächenstruktur gewährleisten, dass in den durch die Vertiefungen einer erfindungsgemäßen Oberflächenstruktur gebildeten Taschen eine Ölauflage von mindestens 0,7 g/m^2 vorhanden ist.

[0040] Für die messtechnische Erfassung und Auswertung einer erfindungsgemäßen Oberflächentopografie gelten folgende Grundsätze:

[0041] In der Regel reichen bei deterministischen Oberflächenstrukturen einfache geometrische Angaben aus, um die wesentlichen Strukturen mit ausreichendem Informationsgehalt zu beschreiben. Quasi-stochastische bzw. stochastische Oberflächenstrukturen wie die erfindungsgemäß entziehen sich naturgemäß einer solchen Betrachtungsweise, weil Form, Breite, Höhe und Anordnung stochastischer Strukturen nicht unmittelbar definiert sind. Vielmehr muss für eine umfassende mathematische Beschreibung von deterministischen bis stochastischen Oberflächentopografien auf Methoden der Statistik bzw. statistischen Bildverarbeitung zurückgegriffen werden.

a) Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte ("Höhenverteilung")

[0042] Ein gängiges Merkmal bei der statistischen Beschreibung von Oberflächentopografien ist die Häufigkeitsverteilung ihrer gemessenen oder mathematisch erzeugten Höhenwerte, kurz: Höhenverteilung. Eine weitere übliche Bezeichnung für die "Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte" ist die Amplitudendichte-Kurve (siehe DIN EN ISO 4287)

[0043] Die Höhenverteilung (Fig. 2b) gibt an, mit welcher Häufigkeit ein bestimmter Höhenwert in der Oberflächentopografie wieder zu finden ist. Sie ergibt sich durch Differenzbildung ("Ableitung") aus der Materialanteilskurve, auch Abbott-Firestone-Kurve (DIN EN ISO 4287) genannt (Fig. 2a).

[0044] Zur Bestimmung der Höhenauflösung wird die Höhenskala in diskrete Bereiche aufgeteilt (so genannte "Klassen"). Die Klassenbreite ist dabei so fein zu wählen, dass die Höhenverteilung mit ausreichender Auflösung wiedergegeben werden kann. Um in einer Höhenverteilung nur die "hauptsächlichen" Maxima bzw. Minima feststellen zu können, ist demgegenüber eine entsprechend nur grobe Klassenbreite von z. B. $0,2 \mu\text{m}$ vorteilhaft. Denn hierdurch werden vernachlässigbar kleine lokale Maxima und Minima unterdrückt. Um anschließend die Breite dieser wesentlichen Maxima und Minima sowie ihre genaue Lage berechnen zu können, ist dann wieder eine feine Auflösung (z. B. $0,1 \mu\text{m}$) vorteilhaft, die dreimal kleiner sein sollte als die Halbwertsbreiten der Maxima bzw. Minima (Nyquist-Theorem).

[0045] Verschiedene Informationen über eine Oberflächentopografie bleiben in einer Höhenverteilung zunächst verborgen. Dies soll anhand des folgenden Beispiels erläutert werden:

[0046] Nur für einfache geometrische Objekte ist es möglich, die Neigung der "Hänge" im Bereich der Übergänge von einem "Berg" zu einem "Tal" der Oberflächenstruktur (bzw. Berechnung der Flankenwinkel) aus der Höhenverteilung direkt abzulesen. Zur Beschreibung komplexer Oberflächentopografien ist es deshalb sinnvoll zu unterscheiden, in welcher Nachbarschaft ein Topografiepunkt sich befindet, und den Höhenwert für die Häufigkeitsverteilung entsprechend zu klassifizieren. Ein aussagekräftiges Merkmal ist dabei die Neigung der Topografie in der Umgebung des Höhenpunktes (Fig. 2c).

[0047] Ein zusätzliches Unterscheidungskriterium bietet die Krümmung der Oberflächentopografie, indem sie auch lokale Maximal- ("Berge"), Sattel- (Wendepunkte) und Minimalanteile ("Täler") voneinander trennt (in den Figuren 2a - 2c ist dies jedoch nicht dargestellt). Indem die Höhenwerte nach der Neigung unterschieden werden, ist es möglich in der Höhenverteilung nachzuweisen, ob z. B. Berg- und Talanteile (mit einer Neigung $\leq 5^\circ$) jeweils auf einem Niveau liegen oder nicht.

[0048] In der messtechnischen Praxis besteht immer eine gewisse "Unschärfe" in den Höhenwerten. Insbesondere kann diese Unschärfe fälschlicherweise auch

durch eine Schieflage in der Topografie bedingt sein. Um aussagekräftige Informationen über die Topografie aus der Höhenverteilung ableiten zu können, gilt es deshalb, mögliche Schieflagen durch ein Ausrichten der Gesamttopografie vorher weitgehend zu minimieren. Die Unschärfe in der Bestimmung der Berg- und Tal-Niveaus, lässt sich näherungsweise durch eine Normalverteilung beschreiben. Für die erfindungsgemäße Oberflächentopografie sollte die Standardabweichung σ der entsprechenden Normalverteilung einen oberen Grenzwert nicht überschreiten (Fig. 3).

[0049] In Fig. 3 ist beispielhaft ein Liniendiagramm als Anschauungsbeispiel mit seiner entsprechenden Höhenverteilung (bei kleinem Neigungswinkel) dargestellt. Der Abstand zwischen den beiden lokalen Maxima in der Höhenverteilung ist mit "T" bezeichnet. Entsprechend ist "T/2" der halbe Abstand.

b) Verteilung in der Fläche

[0050] Die flächige Verteilung der Topografieanteile, wie Berge oder Täler, lässt sich anhand eines Konturschnitts beschreiben. Mittels Schwellwertoperation wird dabei unterschieden, ob ein Messpunkt "z" oberhalb oder unterhalb eines gewissen Höhenniveaus (Schwellwert z_h) liegt. Entsprechend entsteht dann ein binäres Muster ("hell", "dunkel"), wie in Fig. 4 dargestellt. In der Praxis gebräuchliche Höhenniveaus sind der arithmetische Mittelwert, der Median (Medianschnitt, Höhenwerte befinden sich zu je gleichen Anteilen oberhalb bzw. unterhalb der Schwelle) und halbe Maximal- bzw. Minimalwerte. Letztere dienen der Bestimmung so genannter Halbwertsbreiten (FWHM = Full Width at Half Maximum/Minimum).

[0051] Aus den Rändern des Hell-Dunkel-Musters ergibt sich unmittelbar die Konturlinie, deren Länge bezogen auf die betrachtete Messfläche als Maß für die Feingestalt der Oberfläche dient. Das heißt, feingliedrigere Oberflächenstrukturen haben große Konturlängen. Dieser Kennwert ähnelt der Spitzenzahl RPc nach DIN EN 10049, die jedoch zwei Schwellwert-Operationen verwendet (zwei Höhenniveaus im Abstand $|C_s| = 0,5 \mu\text{m}$ vom arithmetischen Mittelwert). Eine vollständige Information über die Anordnung und Größe der Hell-Dunkel-Muster liefern beide Kennwerte jedoch nicht.

[0052] Ein erfindungsgemäßes Feinblech-Flachprodukt zeichnet sich durch eine charakteristische Höhenverteilung mit zwei markanten Maxima aus, die hier auch als Berg- und Tal-Niveaus bezeichnet werden. Eine ausgezeichnete Schnittebene ist das Mittenniveau zwischen Berg- und Tal-Niveau.

[0053] Eine einfache Operation, um die "halbe Breite" der Berge bzw. Täler zu bestimmen (HWHM = Half Width at Half Maximum), besteht darin, den minimalen Abstand r_{\min} zum nächstgelegenen Rand (Konturlinie) zu berechnen (Fig. 4a). Der Abstand zur Konturlinie r_{\min} sei hier als negativ definiert, wenn er in Bereichen unterhalb des Schwellwerts ("Dunkel-Muster", Talbereich) bestimmt

wurde. Hierdurch ist eine gleichzeitige Darstellung und Auswertung aller r_{\min} -Werte möglich (Fig. 4b).

[0054] Bei stochastischen Oberflächen der erfindungsgemäßen Art ist es wegen der vorhandenen statistischen Schwankungen nicht sinnvoll, die zulässigen oberen und unteren Grenzen für r_{\min} absolut zu setzen. Sinnvoller ist vielmehr eine Betrachtung der Häufigkeitsverteilung von r_{\min} (Fig. 5).

[0055] Die Häufigkeitsverteilung von r_{\min} lässt sich hier (Fig. 5) näherungsweise durch eine asymmetrische Normalverteilung beschreiben. Das heißt, die Standardabweichungen σ_1 und σ_2 sind "rechts" und "links" des Maximums (häufigster Wert, auch "Modus" genannt) unterschiedlich. Der häufigste Wert der Häufigkeitsverteilung muss dabei nicht zwingend mit der Ordinate zusammenfallen.

[0056] Der Abstand des Modus zur Ordinate ist hier als "m" bezeichnet. $3\sigma_1 - m$ bzw. $3\sigma_2 + m$ sind gute Maße für die linken bzw. rechten Grenzen von r_{\min} in der Häufigkeitsverteilung. Dies bedeutet, dass sich mehr als 99,99% der berechneten r_{\min} -Werte (mit asymmetrischer Normalverteilung) innerhalb dieser Grenzen befinden.

[0057] In den Figuren 6 bis 9 sind für erfindungsgemäß beschaffene, mit einer Zinkbeschichtung versehene Stahl-Feinbleche typische Beispiele der in der voranstehend prinzipiell erläuterten Weise ermittelten "Höhenverteilungen" (Figuren 6,7), "Verteilungen der Höhenwerte in der Fläche" (Figuren 8a (Höhendarstellung), 8b (Linienprofil)) und ein Beispiel für ein typisches Abstands-mapping (Fig. 9) wiedergegeben.

[0058] Jedes der in den Figuren 6 - 9 wiedergegebenen Mess- und Auswertungsergebnisse wurde an Stahl-Feinblech-Proben ermittelt, die einer Dressierwalzung mit einer Walze unterzogen worden sind, deren entsprechende Oberflächenstruktur in der oben beschriebenen, aus der EP 1 584 396 A2 bekannten Weise durch ein Elektroerodier-Verfahren (kurz "EDT") mit anschließendem Feinschleifprozess erzeugt worden ist. Der Dressiergrad beim in Fig. 6 gezeigten Beispiel betrug dabei 0,6 %, während er bei den in den Figuren 7 bis 9 gezeigten Beispielen bei jeweils 0,9 % lag.

[0059] Fig. 8a zeigt die jeweils erfasste Oberfläche in einer Höhendarstellung, wogegen Fig. 8b das zu dieser Darstellung korrespondierende Linienprofil wiedergibt.

[0060] Die Auswirkungen einer erfindungsgemäßen Beschaffenheit auf das Umformverhalten und das Erscheinungsbild nach einer Lackierung werden nachfolgend detailliert erläutert:

[0061] Die Oberflächenfeingestalt eines erfindungsgemäßen Flachproduktes zeichnet sich durch Vertiefungen aus, die sehr gleichmäßig und fein verteilt sind und eine klar definierte maximale Tiefe in einer ansonsten möglichst glatten Oberfläche besitzen. Diese Vertiefungen dienen während der Umformung eines erfindungsgemäßen Blechs zu einem Bauteil beim tribologischen Kontakt zwischen Werkzeug und Blech als Schmierstoff-reservoir. Besonders tiefe Kraterstrukturen, die erst eine Wirkung bei einer entsprechend starken Oberflächenein-

ebnung zeigen würden, werden bei einem erfindungsgemäßen Flachprodukt vermieden, da sie nur überflüssige Schmierstoff-Senken bilden würden.

[0062] Auch lackiertechnisch lassen sich tiefe und breite Krater im Feinblech nur mit großem Aufwand durch einen mehrschichtigen Lackaufbau nivellieren. Die in eine erfindungsgemäße Feinblechoberfläche eingebrachten Vertiefungen liegen dagegen fast vollständig auf einem Niveau und vermindern bereits im Vorfeld bestehende Langwelligkeitsstrukturen, wie sie z. B. durch einen metallischen Überzug entstehen können, drastisch.

[0063] Bei der Umformung von Feinblechen zu Bauteilen sind definierte Reibzustände im Umformwerkzeug unerlässlich. Eine möglichst geringe Reibung und ein so mit ungehinderter Materialfluss werden an kritischen Bereichen wie Matrizen- bzw. Stempelrändern verlangt, da hier in der Regel hohe Flächenpressungen und hohe Relativgeschwindigkeiten zwischen Werkzeug- und Feinblech-Oberflächen gleichzeitig auftreten können. Eine Verminderung der Reibung an diesen Stellen erlaubt insbesondere höhere Prozessgeschwindigkeiten und eine bessere Ausnutzung der Produktionskapazitäten.

[0064] Im Gegensatz hierzu wird eine hohe Reibung in solchen Bereichen benötigt, in denen kaum Materialfluss bzw. Ausdünnung des Materials erwünscht sind (z. B. Tiefziehen unter dem Stempel).

[0065] Möglichkeiten zur Einstellung dieser tribologischen Zustände bieten eine entsprechende Wahl der Werkstoffpaarung (wie Beschichtung von Umformwerkzeugen), Schmiermittel und die Prozessparameter (wie Niederhalterkräfte).

[0066] In der Vergangenheit wurde versucht, das Prozessfenster möglichst dadurch genau einzustellen, dass der Fertigung der Feinbleche möglichst enge Grenzen gesetzt wurden. Kennwerte zur Charakterisierung der Feinblechoberfläche waren insbesondere die arithmetische Mittenrauheit Ra und die Spitzenzahl R_{Pc} (s. ISO EN 10049). Dabei wurden meist Feinblechoberflächen mit hoher Rauheit Ra gefordert, um möglichst gute Umformergebnisse zu erzielen.

[0067] Praktische Erfahrungen zeigten jedoch, dass sich Oberflächen trotz ähnlicher Kennwerte Ra und R_{Pc} sehr unterschiedlich verhalten können. Eine nachträgliche Anpassung der Prozessparameter (wie Beölung) an herstellungsbedingte Schwankungen in der Rauheit des Flachprodukts wird deshalb in der Praxis kaum angewendet.

[0068] Durch ihre klar definierte Topografie des Flachprodukts und Morphologie ermöglichen Flachprodukte mit einer erfindungsgemäßen Oberflächenbeschaffenheit nun, dass sich Umformprozesse gezielter einstellen lassen.

[0069] Ein Vergleich von IST- und SOLL-Oberflächen-topografien des Flachprodukts kann der optimalen Einstellung der Prozessparameter dienen. Insbesondere kritische Umformteile lassen sich so länger und mit geringerer Ausfallrate produzieren.

[0070] Die Strukturelemente der Rauheitsfeingestalt

wirken insbesondere als Reservoir für den Schmierstoff (Leervolumen, Fig. 10) und ermöglichen so seine Speicherung und Verteilung während der Umformung. Durch den Werkzeugkontakt (Flächenpressung lokal zum Teil >300 MPa) kommt es beim Umformprozess zur Einebnung der Feinblech-Oberflächentopografie. Dieses vermindert das ursprüngliche Leervolumen (Fig. 10). Somit wird das in der Topografie eingeschlossene Schmiermittel entweder verdichtet oder verdrängt, und es kommt dann zu einer hydrostatischen bzw. hydrodynamischen Schmierung der Kontaktfläche.

[0071] Problematisch ist, wenn das Leervolumen nicht mit ausreichend Schmiermittel gefüllt ist. Dann verkehrt sich der Effekt ins Negative. Aus den Kontaktbereichen zwischen Werkzeug und Feinblech wird der Schmierstoff in die noch nicht ausreichend gefüllten Täler gedrängt. Unter einer starken tribologischen Beanspruchung reißt dann der Schmiermittelfilm und es kommt zum Umformversagen durch Trockenreibung bzw. Kaltaufschweißung (Zink-Abrieb beim Feinblech im Presswerk). Fig. 11 zeigt ein typisches Umformverhalten (Stick-Slip) bei ungenügender Ölauflage.

[0072] In Abhängigkeit der Werkzeuggeometrie (Bereiche mit hoher und geringer Flächenpressung) und der tribologischen Beanspruchung (wie Relativgeschwindigkeiten) müssen sowohl offene als auch geschlossene Leervolumina hinreichend mit Schmiermittel gefüllt sein.

[0073] Langjährige Erfahrungen ergaben, dass Schmierstoffmangel eine der häufigsten Ursachen von Umformproblemen ist. Aus dieser praktischen Erfahrung heraus begründet sich die der Erfindung zu Grunde liegende Erkenntnis, dass die Täler der erfindungsgemäßen Oberflächenstruktur eine möglichst einheitliche (und auch geringere) Tiefe besitzen sollten. Die Oberfläche sollte dagegen eher tragend sein. Des Weiteren sollte das für die Schmiermittel jeweils bereitgestellte Leervolumen begrenzt sein.

[0074] Die Qualität einer Lackierung wurde früher ausschließlich nach subjektiven Maßstäben beurteilt. Später wurden lackierte Grenzmuster-Tafeln verwendet, um unterschiedliche Lackoberflächen zu charakterisieren.

[0075] Seit einigen Jahren hat sich jedoch das wavescan-DOI Messgerät der Fa. Byk-Gardner als "Appearance-Standard" etabliert, der von allen europäischen und weltweit von fast allen Automobilherstellern zur Charakterisierung und qualitativen Bewertung von Serienlackierung eingesetzt wird. Das wavescan-DOI Gerät misst u. a. folgende Werte:

[0076] DOI ("DOI" = Distinction of Image, was soviel heißt wie die Abbildungsschärfe eines vom Lack reflektierten Bildes), Shortwave (SW) und Longwave (LW) sowie die Welligkeitsparameter du, Wa, Wb, Wc, Wd und We.

[0077] Für DOI gilt, je höher der ermittelte Wert, desto besser ist die Qualität der lackierten Oberfläche. Für alle anderen Werte gilt dagegen, je niedriger desto besser.

[0078] Das Erscheinungsbild eines Lackes setzt sich zusammen aus der Brillanz, DOI und der Welligkeit. Letz-

tere kann sich als so genannte "Orangenhaut" darstellen, die beim Blick auf die Lackoberfläche selbst gesehen wird.

[0079] Kurzwellige Strukturen werden im Abstand von 5 40 cm am besten bemerkt, diese Strukturen (feinkörnig, krisselig) werden mit einem Parameter Shortwave (SW) erfasst. 40 cm entsprechen etwa dem Augenabstand bei der Autowäsche von Hand.

[0080] Langwellige Strukturen lassen sich dagegen im 10 Abstand von 3 m am besten erkennen. Diese Strukturen (Orangenhaut, lange Welle) werden mit dem Parameter Longwave (LW) erfasst. Der Abstand von 3 m entspricht dem Blick im Ausstellungsraum (showroom distance).

[0081] Das wavescan-DOI Gerät erfasst mit einem Laser und einem Sensor ein optisches Profil der Oberfläche. Dieses wird durch mathematische Filter in Wellenlängenbereiche aufgetrennt. Stand der Technik ist die Aufteilung in sechs Welligkeitsparameter: du (< 0,1 mm, "dullness"), Wa (0,1-0,3 mm), Wb (0,3-1 mm), Wc (1-3 15 mm), Wd (3-10 mm) und We (10-30 mm).

[0082] Der Messbereich reicht jeweils von 0 (glatt) bis 20 100 (starke Struktur). Die ermittelten Werte sind dimensionslos.

[0083] Die Messwerte werden über den Wellenlängenbereichen aufgetragen, woraus sich ein Strukturspektrum ergibt, wie es für eine qualitativ hochwertige Oberfläche beispielhaft in Fig. 12 dargestellt ist.

[0084] Die Erfindung geht dabei von der Feststellung 25 aus, dass durch eine gezielte Einstellung der Oberflächenstruktur die Qualität der lackierten Oberfläche positiv beeinflusst werden kann.. So erzeugen Strukturen von < 0,1 mm (du) durch Lichtbrechung einen niedrigeren Kontrast der Lackoberfläche. Strukturen von 0,1 bis 1 mm (Wa, Wb) führen zu einer Störung der Umrisslinien 30 eines im Lack reflektierten Bildes.

[0085] Eine den üblichen Ansprüchen genügende Automobillackierung weist einen DOI-Wert von mindestens 35 85 auf. Bei sehr guten Lackierungen liegt der DOI-Wert im Bereich von 90-95. Bei qualitativ guter Lackierung eines erfindungsgemäßen Bleches kann dieser Bereich auch dann erreicht werden, wenn gegenüber dem Stand der Technik eine stark reduzierte Lackschichtdicke (Füllerloser Prozess) eingestellt wird. So wurden für erfindungsgemäßes lackiertes Blech DOI-Werte von mindestens 40 94 erreicht, ohne dass dazu eine Füllerbeschichtung benötigt wurde.

[0086] Qualitativ gute Lackierungen weisen SW-Werte (Kurzwelligkeit) von < 25 bei horizontaler Lackierung 45 auf. Ihre LW-Werte (Langwelligkeit) liegen bei < 8 bei horizontaler Lackierung.

[0087] Der Glanz einer Automobil-Lackierung wird unter einem Winkel von 20° zur Oberflächennormalen gemessen und erreicht, nahezu unabhängig von DOI und 50 Welligkeitsparametern, gleich hohe Werte bei guten und schlechten Lackierungen. Der Glanz ist hauptsächlich vom Lacksystem und den Lackprozessbedingungen abhängig und erlaubt keinen Rückschluss auf eine gute oder schlechte Lackierung.

[0088] Eine Lackierung gilt allgemein als gut, wenn sie der in Fig. 12 gezeigten Master-Kurve entspricht. Es gelten dabei allgemein folgende Anhaltspunkte:

- Kein Welligkeitsmesswert größer als 30.
- Zielwert für Wb/Wd von 1,5 ("Longwave coverage", Überdeckung der Langwelligkeit)
- Zielwert für Wd/Wc von > 1 ("Wet Look")
- Die Kurvenform sollte einen Doppelhöcker ("camel back") aufweisen.
- du und Wa können leicht erhöht sein, um Orangenhaut zu verschleiern.

[0089] Texturierte Blechoberflächen wirken sich hauptsächlich auf den Wb Wert aus. Dieser ist typischerweise der Welligkeitsparameter mit dem höchsten Zahlenwert und sollte so niedrig als möglich sein (Fig. 13). Für gute Lackierungen sollte der Wb -Wert niedriger als 30 sein.

[0090] Einen geringeren Einfluss hat die Beschaffenheit der Blechoberfläche auch auf den Parameter Wa . Sehr rau Bleche können die Parameter Wc und sogar Wd negativ beeinflussen. Bei solchen Flachprodukten werden dann zu hohe Messwerte erhalten, die lackiertechnisch schwerer zu korrigieren sind.

[0091] Auch die Lackierung kann die Welligkeitsparameter beeinflussen. Der Klarlack oder dessen Applikation hat Einfluss auf die Welligkeitswerte du (Klarlack zu milchig, Trockensprayen des Klarlacks), Wc , Wd (Klarlackschichtdicke zu niedrig). KTL- und Füllerschicht können bei rauer Applikation oder fehlendem Schleifen den Wert Wb stark erhöhen. Der Wert Wc wird erhöht durch Schleifspuren oder Trockensprühen des Füllers.

[0092] Allgemein gilt, dass zu lackierende Bleche möglichst mit gleich bleibender, in engen Toleranzen festgelegter, Rauheit mit einer optimierten Texturierung eingesetzt werden sollten. Der Lackierprozess muss vom OEM mit seinen zahlreichen Parametern und Eingriffsmöglichkeiten möglichst konstant gehalten werden, um Qualität, Colour Matching und bei modernen Lacken insbesondere mit Effektpigmenten einen von Karosse zu Karosse gleichen oder sehr ähnlichen Effekt zu erzielen.

[0093] Ein niedriger Wb -Wert ist, insbesondere im Hinblick auf Kunststoff-Anbauteile, ein wichtiger Faktor eines lackierten Bleches. Kunststoff-Teile weisen nur eine sehr niedrige Rauheit auf, so dass sehr niedrige Wb Werte und sehr flache Strukturspektren erhalten werden. Dies ist insbesondere negativ auffällig, wenn an der Karosse zu glatte lackierte Kunststoffteile an eine zu rau lackierte Blechoberfläche angrenzen. Beim Blick über die Karosse entsteht so ein "optischer Bruch" im Lackierbild, welcher nicht gewünscht ist. Von Seiten der Kunststoffteil-Hersteller wird, durch eine bereits beim formgebenden Spritzgießen aufgebrachte Oberflächenrauheit oder -welligkeit, die Welligkeit der lackierten Kunststoffbauteile der Welligkeit der lackierten Blechbauteilen angepasst.

[0094] Hier bietet die erfindungsgemäße Texturierung

der Blechoberfläche die Möglichkeit, Bleche mit nach der Lackierung niedrigerem Wb -Wert zu erzeugen, die optisch besser neben lackierten Kunststoffbauteilen verbaut werden können. Insbesondere bei hochwertigen

5 Automobilen gibt es seit jeher den Trend zur so genannten "Klavierlackierung". Damit ist eine spiegelnde Lackierung mit sehr gutem DOI-Wert und sehr niedriger Welligkeit gemeint, deren Vorbild ein glänzend schwarz lackierter Konzertflügel ist.

10 **[0095]** So eine Lackierung ist üblicherweise nur durch mehrfaches Schleifen und Lackieren zu erzielen. Bei Luxus-, Ober- und Mittelklasse Automobilen ist darüber hinaus ein Trend zum Einsatz von großflächigen Glasdächern zu beobachten. Diese sind z. T. dunkel getönt und

15 meist am Rand zur optischen Verdeckung der Klebung von der Rückseite schwarz lackiert. Bedingt durch die extreme, spiegelnde Glätte eines dunklen Glasdaches ist es hier besonders schwer, die Lackierung der angrenzenden Blechbauteile wie Dachrahmen oder Dachdeckel

20 optisch ähnlich zu lackieren. Auch diese Aufgabenstellung lässt sich durch die Verwendung von erfindungsgemäßen Flachprodukten lösen.

[0096] Ein idealer Lackieruntergrund ist eben und weist keine Rauheit oder Unebenheiten auf. Dies ist bei

25 Blechen technisch schwer realisierbar, da die Oberfläche zumeist noch umgeformt werden muss, um ein Bauteil zu erhalten. Für die Umformung ist für die Schmierung ein Ölhaltevermögen erforderlich, dies bedingt jedoch eine gewisse Rauheit/Oberflächentopografie des ebenen Bleches.

30 **[0097]** In Fig. 13 sind für ein Blech mit zu grober Texturierung (gestrichelte Linie), für ein Blech mit einer Standard-Texturierung (strichpunktierter Linie) und ein erfindungsgemäßes Blech (durchgezogene Linie) die für das

35 Lackerscheinungsbild ermittelten Messwerte in Abhängigkeit von der Oberflächentopografie aufgetragen. Es ist ersichtlich, dass bei ungünstiger Rauheitstexturierung der Wert für Wb stark ansteigt und so eine schlechtere Lackierung oder einen erhöhten Schleifaufwand nach

40 KTL- und Füllerlackierung bedingt. Ebenso deutlich erkennbar ist, dass die erfindungsgemäße Texturierung demgegenüber für den Umformprozess eine verbesserte Lackierung mit abgesenkten Werten für Wb ermöglicht.

[0098] Bei einer erfindungsgemäßen Oberflächenstruktur ist ein optimaler Kompromiss gefunden worden, da hier sowohl auf den Plateaus, als auch in den Vertiefungen große ebene Bereiche auf einem Höhenniveau vorliegen, die nur durch kurze aber steile Flanken von einander getrennt sind. Der Anteil von nicht ebenen, den 50 Gesamteindruck negativ beeinflussenden Anteilen an der Fläche ist bei einem erfindungsgemäßen Flachprodukt somit auf ein Minimum reduziert.

[0099] Die Lackierung bildet den Untergrund z. T. ab und baut auf Unebenheiten auf. Die gegenseitige Abhängigkeit von Blechstruktur <-> Lackstruktur ist in Fig. 14 verdeutlicht.

[0100] Fig. 15 zeigt eine unter Einbeziehung einer Füller-Schicht lackierte schlechte (punktierter Linie), übliche

(gestrichelte Linie) und gute (strichpunktierter) Automobilackierung im Vergleich zu einem ohne Füllerlackschicht lackierten erfindungsgemäßen Feinblech (durchgezogene Linie) auf. Deutlich ist hier die gegenüber der üblichen Automobilackierung stark reduzierte Welligkeit W_b zu sehen, die zu verbesserter Brillanz und höheren DOI-Werten führt.

[0101] Das Strukturspektrum des erfindungsgemäßen Feinblechs liegt bei dem in Fig. 15 dargestellten Beispiel für den Wert W_b leicht oberhalb der Kurve für eine gute Automobilackierung und zeigt niedrigere Werte für den Wert W_d . Dies resultiert aus dem für die erfindungsgemäße Texturierung gewählten Lackaufbau. Um die Texturierung/Struktur eines Bleches auf den Wert W_b maximal hervortreten zu lassen, wurde auf die Applikation eines Füllers (ca. 35 μm Schichtdicke) komplett verzichtet. Auch wurde weder ein spezielles Füllerlos-Lackierkonzept anstatt eingesetzt, noch wurde die KTL-Schicht geschliffen.

[0102] Trotz dieser verschärften Bedingungen zeigt das erfindungsgemäß beschaffene Blech ein Lackierergebnis, welches mit einer guten Automobilackierung vergleichbar ist.

[0103] Indem eine erhöhte Klarlackschichtdicke auf das erfindungsgemäße Feinblech aufgetragen wurde, konnte der Einfluss der Lackierung auf die Welligkeitsparameter W_d komplett unterbunden werden (niedrige Klarlackschichtdicke bewirkt einen erhöhten W_d -Wert). Auch dies lässt die Unterschiede der Texturierung klar hervortreten. Im Strukturspektrum ist hier für W_d ein niedrigerer Wert zu sehen, als für eine gute Automobilackierung. Das erfindungsgemäße Feinblech senkt somit den Wert W_d gegenüber dem für eine Standard-Texturierung ermittelbaren W_d -Wert ab. Um ein gewünschtes Lackierergebnis mit Verhältnissen W_d/W_c wie in der Master Kurve Abb. 12 zu erzielen, muss folglich nur die Klarlackschichtdicke angepasst werden.

[0104] Die Texturierung eines erfindungsgemäßen Flachprodukts führt somit auch beim Wegfall der Füllerschicht zu einem guten Lackierergebnis mit guten Werten für W_b und DOI. Gleichzeitig senkt sie den Wert für die Langwelligkeit W_d gegenüber Standard-Texturierungen ab, wodurch die Bildung von Orangenhaut minimiert wird.

[0105] Erfindungsgemäß beschaffene Bleche eignen sich somit bevorzugt für die Anwendung von solchen Lackkonzepten, bei denen auf einen Füllerauftrag und das Nachschleifen der Füllerschicht verzichtet wird. Die Erfindung erfüllt somit das gerade im Bereich des Automobilbaus bestehende Bedürfnis nach Blechsubstraten, die einen verkürzten Lackierprozess bei gleichzeitig hervorragenden Gebrauchseigenschaften und Erscheinungsbild erlauben.

Patentansprüche

1. Flachprodukt aus einem Metallwerkstoff, insbeson-

dere einem Stahlwerkstoff, für dessen Oberfläche auf einer mindestens $0,8 \times 0,8 \text{ mm}^2$ großen Grundfläche nach einer Bereinigung einer möglichen Schieflage in ihrer Topographie, einer Ausfilterung von Hochfrequenzanteilen mittels Gauß'schem Tiefpassfilters ($\lambda_s = 10 \mu\text{m}$) und einer Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte mit einer Klassenbreite von $0,1 \mu\text{m}$ gilt:

- a) Die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte weist zwei ausgeprägte Maxima auf, die für entsprechend ausgeprägte Berg- und Tal-Niveaus der Oberfläche stehen.
 - b) Bei Betrachtung allein derjenigen Topographiebereiche, die eine Neigung von maximal 5° gegenüber der waagerecht ausgerichteten Grundfläche aufweisen, zerfällt die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte in mindestens zwei lokale Hauptmaxima. Die lokalen Hauptmaxima sind für die Berge mit einer Standardabweichung (Breite) von $2\sigma \leq 2 \mu\text{m}$ und für die Täler mit einer Standardabweichung von $2\sigma \leq 1 \mu\text{m}$ näherungsweise normal verteilt.
 - c) Die Häufigkeit der Berge ist größer als die Häufigkeit der Täler.
 - d) Das die Berge repräsentierende obere Hauptmaximum ist gleichzeitig auch ein absolutes Maximum.
 - e) Der Abstand zwischen den Hauptmaxima der Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte beträgt $1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$.
 - f) In einer Ebene, die genau mittig zwischen Berg- und Tal-Niveau liegt, beträgt die halbe Breite der Täler bzw. Berge höchstens $40 \mu\text{m}$ bzw. $100 \mu\text{m}$, wobei mindestens 99,99 % der Topografie-Messpunkte einen minimalen Abstand zum Rand der Täler bzw. Berge besitzen, der diese Bedingung erfüllt.
- 40 2. Flachprodukt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Stahlblech oder -band ist.
 - 3. Flachprodukt nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech oder -band mit einem Korrosionsschutzüberzug versehen ist.
 - 45 4. Flachprodukt nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Korrosionsschutzüberzug ein auf Zink basierender Überzug ist.
 - 5. Verwendung eines gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 ausgebildeten Flachprodukts für die Herstellung von Bauteilen, die mit einer Lackschicht 50 beschichtet werden.
 - 55 6. Walze zur Herstellung von gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 ausgebildeten Flachprodukten, wobei für die Walzenoberfläche der Walze auf einer

mindestens $0,8 \times 0,8 \text{ mm}^2$ großen Grundfläche nach einer Bereinigung einer möglichen Schieflage in ihrer Topographie, einer Ausfilterung von Hochfrequenzanteilen mittels Gauß'schem Tiefpassfilters ($\lambda_s = 10 \mu\text{m}$) und einer Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte mit einer Klassenbreite von $0,1 \mu\text{m}$ gilt:

- a) Die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte weist zwei ausgeprägte Maxima auf, die für entsprechend ausgeprägte Berg- und Tal-Niveaus der Oberfläche stehen. 10
 - b) Bei Betrachtung allein derjenigen Topographiebereiche, die eine Neigung von maximal 5° gegenüber der Senkrechten aufweisen, zerfällt die Häufigkeitsverteilung der Höhenwerte in mindestens zwei lokale Hauptmaxima. Die lokalen Hauptmaxima sind für die Täler mit einer Standardabweichung (Breite) von $2 \sigma \leq 10 \mu\text{m}$ und für die Berge mit einer Standardabweichung (Breite) von $2 \sigma \leq 1 \mu\text{m}$ näherungsweise normal verteilt. 15
 - c) Die Häufigkeit der Täler ist auf der Walzenoberfläche größer als die Häufigkeit der Berge. 20
 - d) Der Abstand zwischen dem ausgeprägten Berg-Niveau und den Tal-Niveaus der Walzenoberfläche ist größer als der Abstand zwischen Berg- und Tal-Niveau auf der erzeugten Flachproduktoberfläche. 25
 - e) In einer Ebene, die genau mittig zwischen Berg- und Tal-Niveau liegt, beträgt die halbe Breite der Täler bzw. Berge höchstens $100 \mu\text{m}$, wobei mindestens 99,99 % der Topografie-Messpunkte einen minimalen Abstand zum Rand der Täler bzw. Berge besitzen, der diese Bedingung erfüllt. 30
7. Verfahren zur Herstellung eines gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 ausgebildeten Flachprodukts, bei dem 40

- ein aus einem Metallwerkstoff bestehendes Flachprodukt zur Verfügung gestellt wird, bei dem zumindest die mit der gemäß Anspruch 1 beschaffenen Oberflächentopographie zu versehende Oberfläche eine arithmetische Mittentrauheit von max. $1,5 \mu\text{m}$ aufweist, und
- das zur Verfügung gestellte Flachprodukt einer Dressierwalzung unterzogen wird, bei der eine gemäß Anspruch 5 beschaffene Walze auf die mit der Oberflächentopographie gemäß Anspruch 1 zu versehende der Oberfläche wirkt, so dass ein Flachprodukt mit einer gemäß Anspruch 1 beschaffenen Oberfläche erhalten wird. 50

Claims

1. Flat product made of a metal material, in particular a steel material, for whose surface, over a basic area of at least $0.8 \times 0.8 \text{ mm}^2$, after removing a possible slope in its topography, filtering out high frequency portions by means of a Gaussian low-pass filter ($\lambda_s = 10 \mu\text{m}$) and determining the frequency distribution of the height values with a class size of $0.1 \mu\text{m}$, the following applies: 5
 - a) The frequency distribution of the height values has two pronounced maxima, which equate to correspondingly pronounced peak and valley levels of the surface.
 - b) When just those topography regions, which have a slope of 5° at the most in relation to the horizontally oriented basic area are observed, the frequency distribution of the height values resolve into at least two local main maxima. The local main maxima are approximately normally distributed with a standard deviation (width) of $2 \sigma \leq 2 \mu\text{m}$ for the peaks and with a standard deviation of $2 \sigma \leq 1 \mu\text{m}$ for the valleys.
 - c) The frequency of the peaks is greater than the frequency of the valleys.
 - d) The upper main maximum representing the peaks at the same time is also an absolute maximum.
 - e) The distance between the maxima of the frequency distribution of the height values amounts to $1 \mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$.
 - f) On a level, which lies exactly midway between peak and valley level, half the width of the valleys or peaks amounts to $40 \mu\text{m}$ or $100 \mu\text{m}$ at the most, wherein at least 99.99 % of the topography measurement points possess a minimum distance to the edge of the valleys or peaks, which fulfils this condition.
2. Flat product according to Claim 1, **characterized in that** it is a steel sheet or strip. 40
3. Flat product according to Claim 2, **characterized in that** the steel sheet or strip is provided with a corrosion protective layer. 45
4. Flat product according to Claim 3, **characterized in that** the corrosion protective layer is a coating based on zinc. 50
5. Use according to any one of Claims 1 to 4 of a flat product formed for producing components, which are coated with a paint finish. 55
6. Roll for producing flat products formed according to any one of Claims 1 to 4, wherein for the surface of the roll, over a basic area of at least $0.8 \times 0.8 \text{ mm}^2$,

after removing a possible slope in its topography, filtering out high frequency portions by means of a Gaussian low-pass filter ($\lambda_s = 10 \mu\text{m}$) and determining the frequency distribution of the height values with a class size of $0.1 \mu\text{m}$, the following applies:

- a) The frequency distribution of the height values has two pronounced maxima, which equate to correspondingly pronounced peak and valley levels of the surface.
- b) When just those topography regions, which have a slope of 5° at the most in relation to the vertical are observed, the frequency distribution of the height values resolve into at least two local main maxima. The local main maxima are approximately normally distributed with a standard deviation (width) of $2 \sigma \leq 10 \mu\text{m}$ for the valleys and with a standard deviation (width) of $2 \sigma \leq 1 \mu\text{m}$ for the peaks.
- c) The frequency of the valleys on the roll surface is greater than the frequency of the peaks.
- d) The distance between the pronounced peak level and the valley levels of the roll surface is greater than the distance between peak and valley level on the flat product surface obtained.
- e) On a level, which lies exactly midway between peak and valley level, half the width of the valleys or peaks amounts to $100 \mu\text{m}$ at the most, wherein at least 99.99 % of the topography measurement points possess a minimum distance to the edge of the valleys or peaks, which fulfils this condition.

7. Method for producing a flat product formed according to any one of Claims 1 to 4, wherein

- a flat product consisting of a metal material is made available, wherein at least the surface to be provided with the surface topography constituted according to Claim 1 has an arithmetic roughness average of $1.5 \mu\text{m}$ at the most, and
- the flat product made available is subjected to skin-pass rolling, wherein a roll constituted according to Claim 5 acts on the surface to be provided with the surface topography according to Claim 1, so that a flat product with a surface constituted according to Claim 1 is obtained.

Revendications

1. Produit plat en métal, en particulier en acier, pour la surface duquel, sur une surface de base d'une grandeur d'au moins $0,8 \times 0,8 \text{ mm}^2$, après une élimination d'une inclinaison possible dans sa topographie, une filtration des fractions à hautes fréquences au moyen d'un filtre passe-bas de Gauss ($\lambda_s = 10 \mu\text{m}$) et une détection de la distribution de fréquence des valeurs

supérieures avec une largeur de classe de $0,1 \mu\text{m}$, s'applique ce qui suit:

- a) la distribution de fréquence des valeurs supérieures présente deux maxima prononcés, qui représentent les niveaux de pics / de creux de la surface.
- b) en considérant seulement les régions topographiques, qui présentent une inclinaison maximale de 5° par rapport à la surface de base orientée horizontalement, la distribution de fréquence des valeurs supérieures se décompose en au moins deux maxima principaux, locaux, les maxima locaux étant valables pour les pics d'une divergence standard (largeur) de $2 \sigma \leq 2 \mu\text{m}$ et pour les creux d'une divergence standard de $2 \sigma \leq 1 \mu\text{m}$, approximativement distribués normalement.
- c) la fréquence des pics est plus grande que la fréquence des creux.
- d) le maximum principal supérieur, qui représente les pics, est aussi, simultanément, un maximum absolu.
- e) l'intervalle entre les maxima principaux de la distribution de fréquence des valeurs supérieures est de $1 \mu\text{m}$ à $5 \mu\text{m}$.
- f) sur un plan, qui est situé exactement centralement entre un niveau de pic et un niveau de creux, la demi-largeur des creux respectivement des pics est de $40 \mu\text{m}$, respectivement de $100 \mu\text{m}$ au maximum, au moins 99,99 % des points de mesure topographiques présentant, par rapport au bord des creux, respectivement des pics, un intervalle minimal, qui remplit cette condition.

2. Produit plat selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** celui-ci est une tôle ou un ruban d'acier.
3. Produit plat selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la tôle ou le ruban d'acier est pourvu/e d'un revêtement de protection contre la corrosion.
4. Produit plat selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le revêtement de protection contre la corrosion est un revêtement à base de zinc.
5. Utilisation d'un produit plat, constitué selon l'une des revendications 1 à 4, pour la fabrication de pièces, destinées à être revêtues d'une couche de laque.
6. Cylindre pour la fabrication de produits plats, constitués selon l'une des revendications 1 à 4, pour la surface duquel cylindre, sur une surface de base d'une grandeur d'au moins $0,8 \times 0,8 \text{ mm}^2$, après une élimination d'une inclinaison possible dans sa topographie, une filtration de fractions à hautes fréquences au moyen d'un filtre passe-bas de Gauss ($\lambda_s = 10 \mu\text{m}$) et une détermination de la distribution de

fréquence des valeurs de niveaux avec une largeur de classe de $0,1 \mu\text{m}$, s'applique ce qui suit:

- a) la distribution de fréquence des valeurs supérieures présente deux maxima prononcés, qui représentent les niveaux de pics / de creux de la surface. 5
- b) en considérant seulement les régions topographiques, qui présentent une inclinaison maximale de 5° par rapport à l'horizontale, la distribution de fréquence des valeurs supérieures se décompose en au moins deux maxima principaux, locaux. Les maxima locaux sont valables pour les creux d'une divergence standard (largeur) de $2\sigma < 10 \mu\text{m}$ et pour les pics d'une divergence standard (largeur) de $2\sigma < 1 \mu\text{m}$ approximativement distribués normalement. 10
- c) la fréquence des creux, sur la surface du cylindre, est plus grande que la fréquence des pics. 15
- d) l'intervalle entre le niveau de pic prononcé et le niveau de creux sur la surface du cylindre est plus grand que l'intervalle entre le niveau de pic et le niveau de creux sur la surface du produit plat réalisée. 20
- e) sur un plan, qui est situé exactement centralement entre un niveau de pic et un niveau de creux, la demi-largeur des creux, respectivement des pics est de $100 \mu\text{m}$ au maximum, au moins $99,99\%$ des points de mesure topographiques présentant, par rapport au bord des creux, respectivement des pics, un intervalle minimal, qui remplit cette condition. 25

7. Procédé de fabrication d'un produit plat, constitué 35
selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel

- on dispose d'un produit plat, qui consiste en matériau métallique, dont au moins la surface, destinée à être pourvue de la topographie superficielle, structurée selon la revendication 1, présente une rugosité moyenne arithmétique maximale de $1,5 \mu\text{m}$, et 40
- le produit plat disponible est soumis à un laminage de dressage, au cours duquel un cylindre selon la revendication 5, agit sur la surface, destinée à être pourvue de la topographie superficielle, structurée selon la revendication 1, de sorte que l'on obtienne un produit plat avec une surface structurée selon la revendication 1. 45

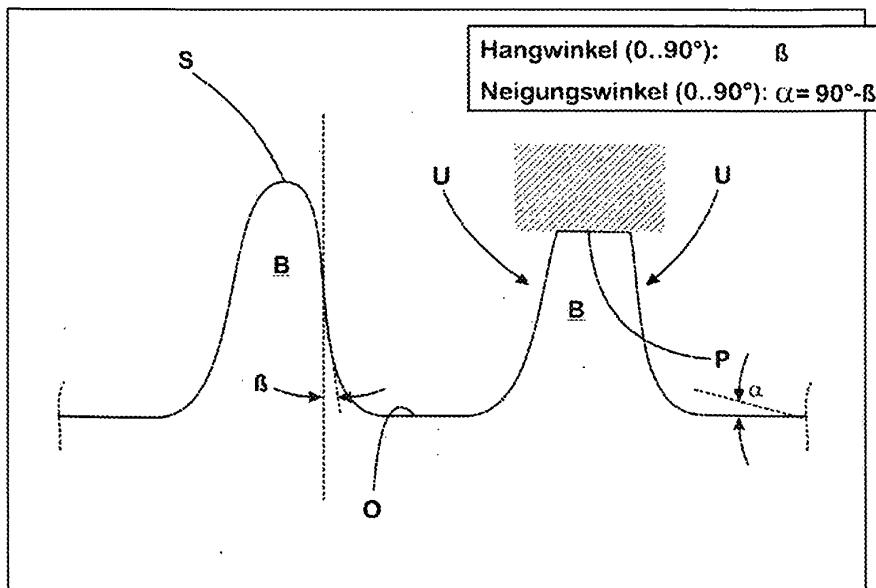


Fig. 1 schematische Darstellung des auf die Walzen-Texturierung folgenden Materialabtrags
(Abtragen der Spitzen S ur Erzeugung von Übergängen U mit steilen Hangwinkeln β zwischen den Plateaus P der "Berge" B und den Solen O der "Täler"

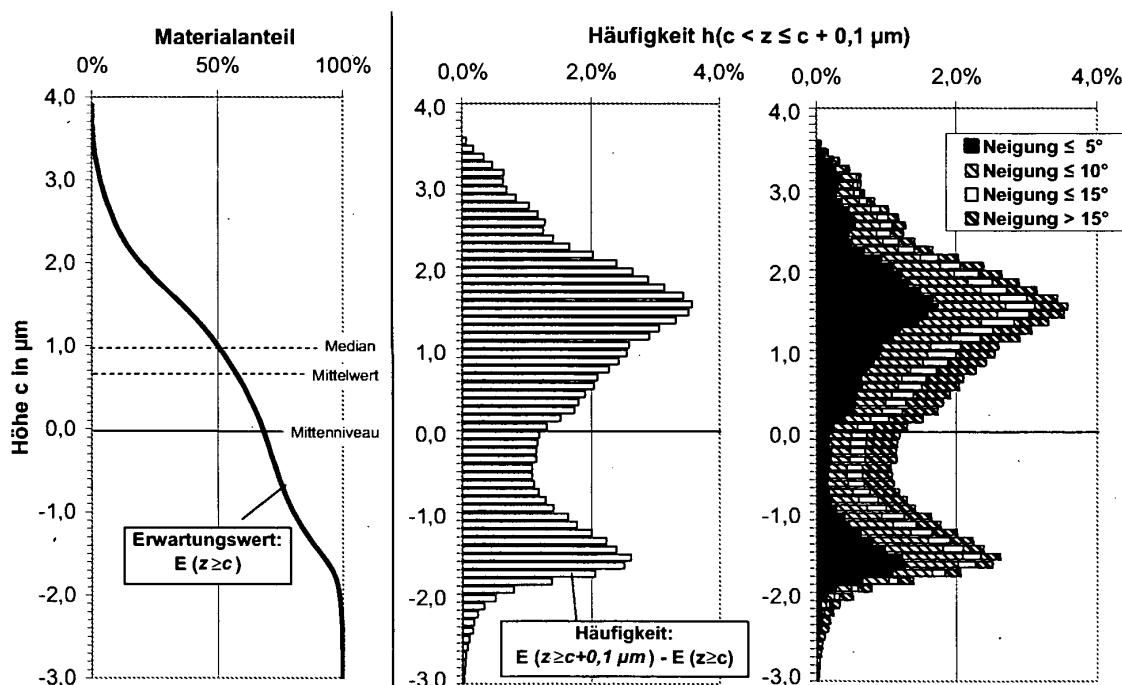


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

Auswertung am Beispiel einer Feinblech-Oberfläche mit Premium-Qualität

- Fig. 2a) Materialanteil (Abbott – Firestone-Kurve),
- Fig. 2b) Häufigkeit der Höhenwerte (Höhenverteilung) als „Ableitung“ der Abbott-Firestone-Kurve
- Fig. 2c) Häufigkeit der Höhenwerte, unterteilt in verschiedene Klassen von Neigungswinkeln (morphologische Höhenverteilung)

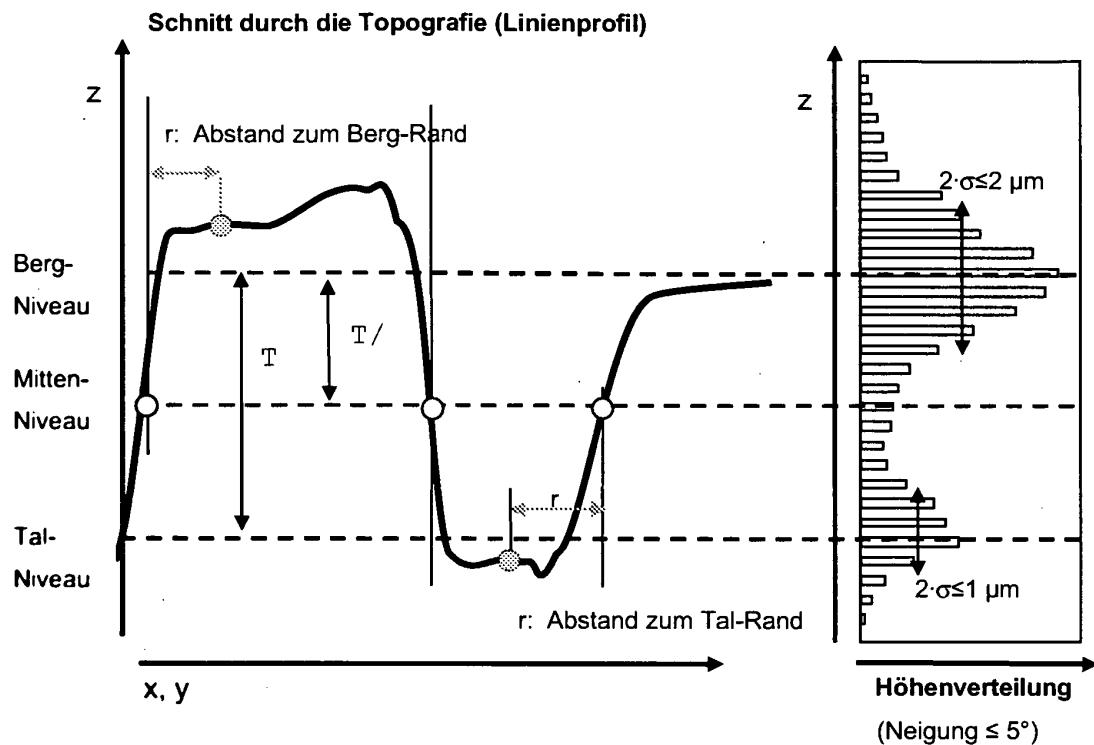


Fig. 3 Prinzip-Skizze zu den topografischen/morphologischen Eigenschaften
Auswertung der Berg- bzw. Talwerte (Neigung $\leq 5^\circ$)

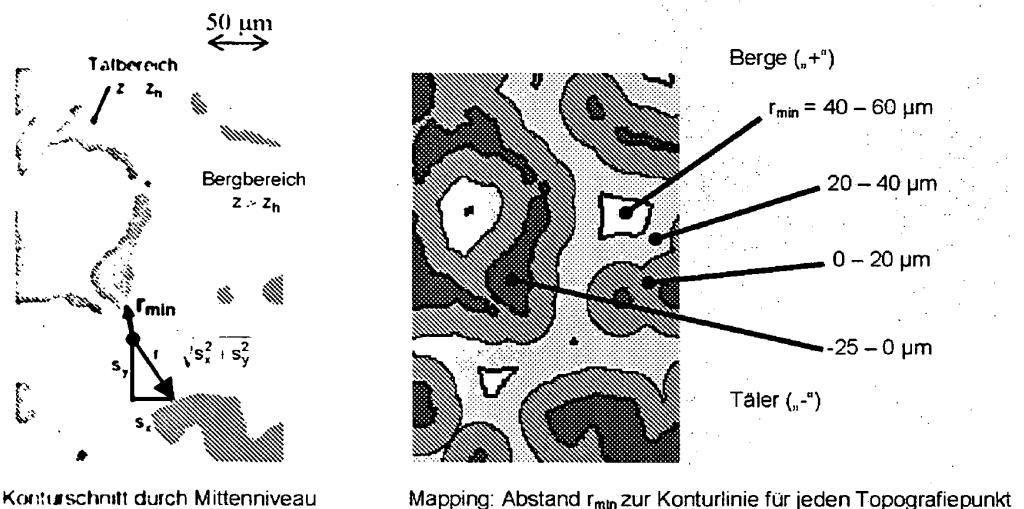


Fig. 4a
Konturschnitt und Prinzipskizze
für Berechnung des Abstands
 r_{\min} zur Konturlinie

Fig. 4b
flächige Verteilung (Mapping) des Abstands r_{\min} (x, y)
am Beispiel einer erfindungsgemäßen Stahl- Feinblechoberfläche

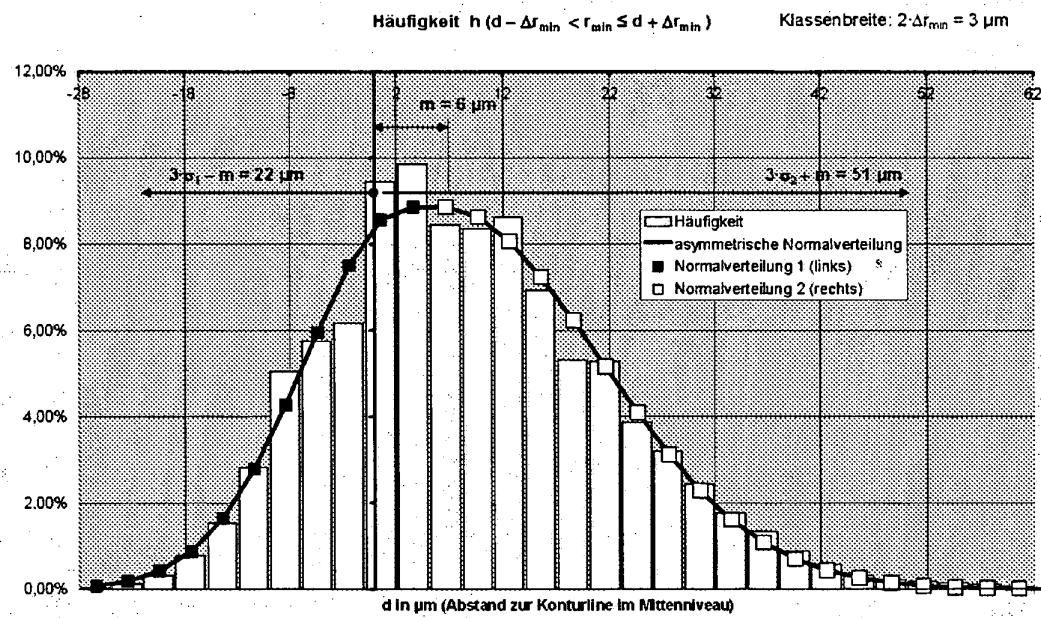


Fig. 5 Häufigkeitsverteilung des Abstands r_{\min} zur Konturlinie (Mittenniveau);
Klassen der Häufigkeitsverteilung sind mit „ d “ bezeichnet;
die Klassenbreite beträgt $3 \mu\text{m}$

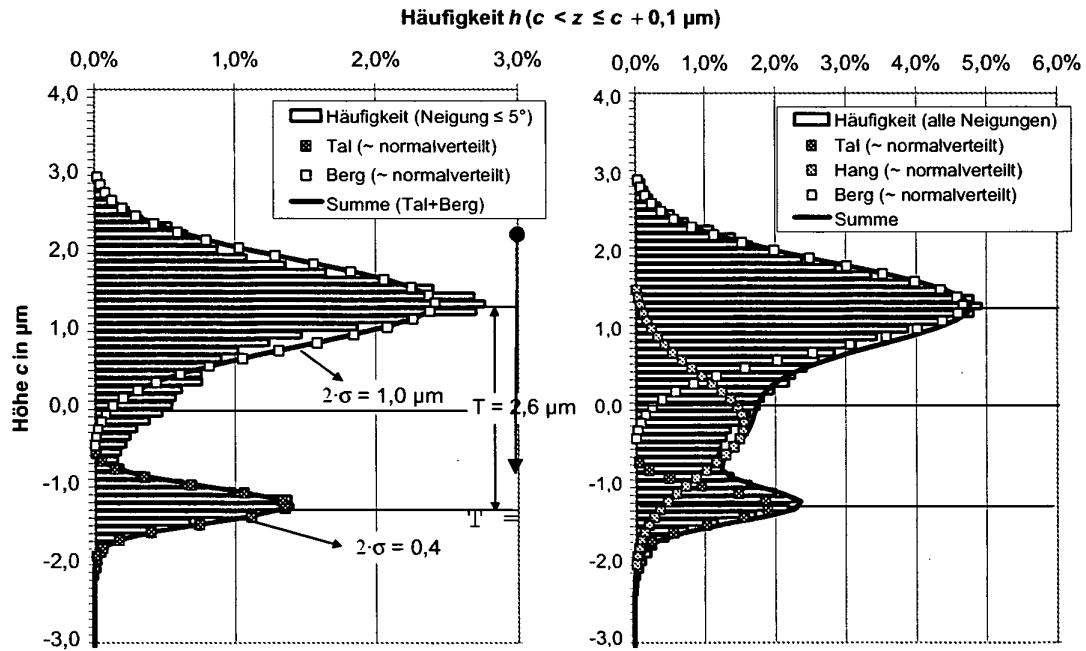


Fig. 6 Höhenverteilung beim Dressiergrad von 0,6 % (links: nur Neigungswinkel kleiner 5° , rechts: alle Neigungswinkel)

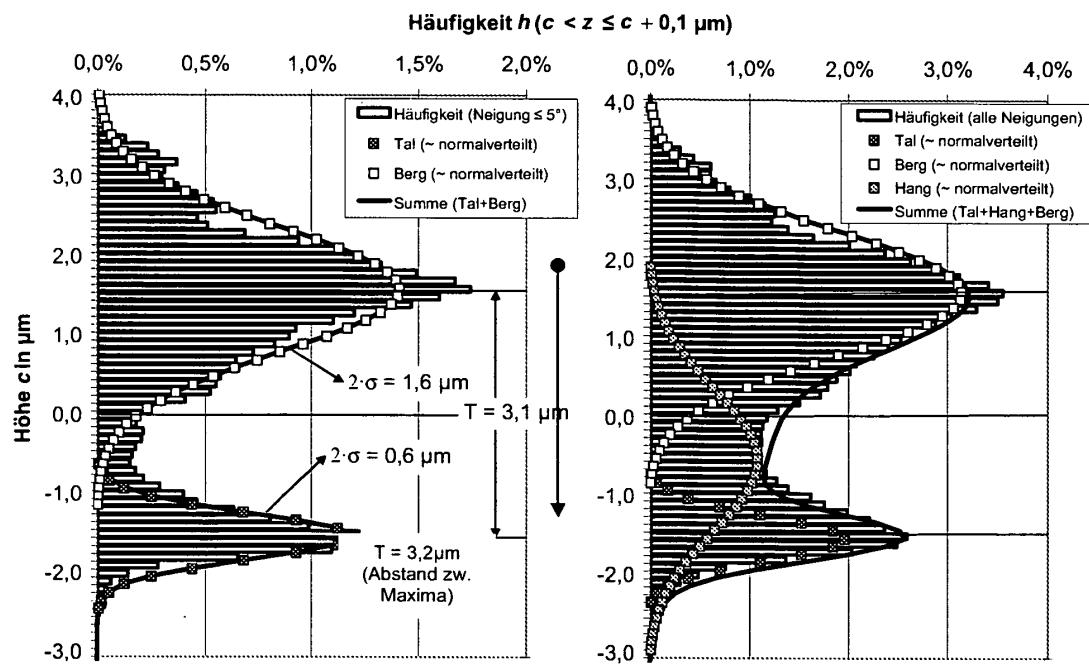


Fig. 7 Höhenverteilung beim Dressiergrad von 0,9 % (links: nur Neigungswinkel kleiner 5° , rechts: alle Neigungswinkel)

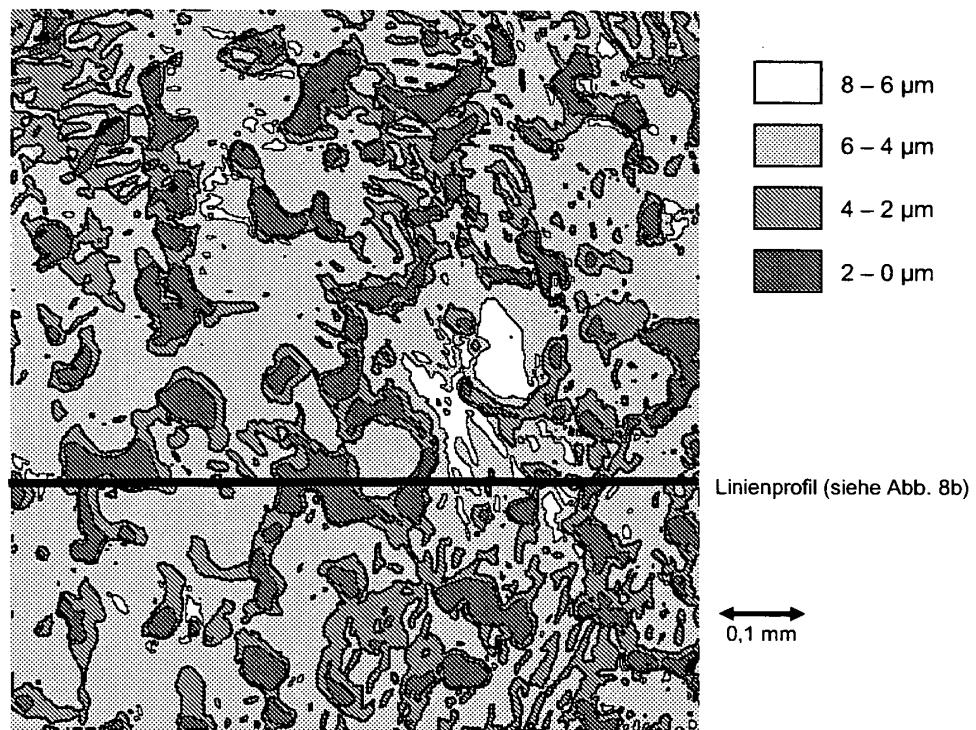


Fig. 8a Höhendarstellung beim Dressiergrad 0,9 %

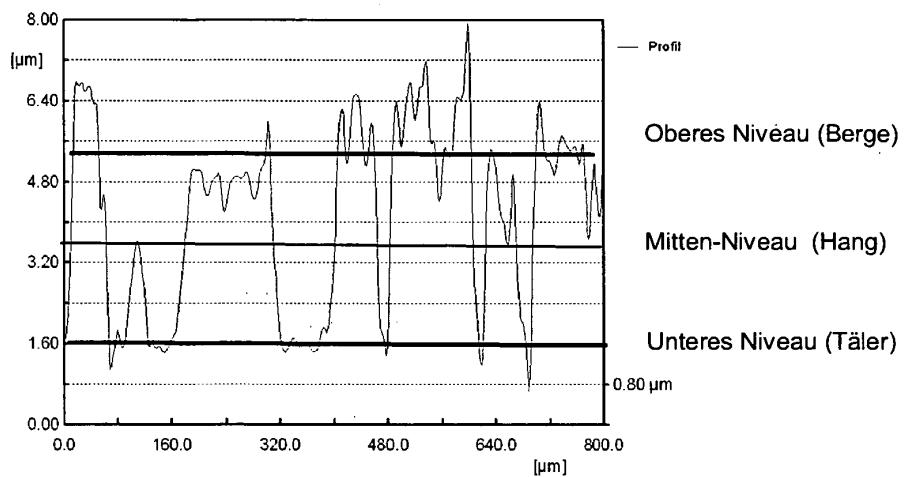


Fig. 8b Linienprofil

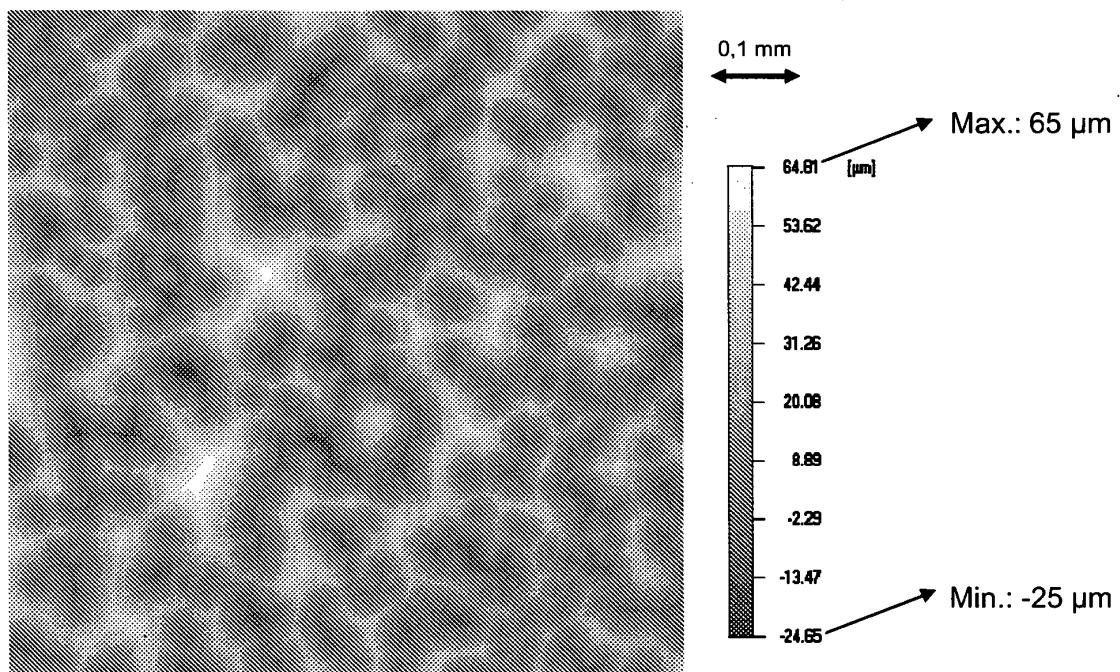


Fig. 9 Typisches Abstands-Mapping r_{min} im Mittenniveau („Halbe Breite“) - Premium-Feinblech (EDT u. SF, Dressiergrad = 0,9 %)

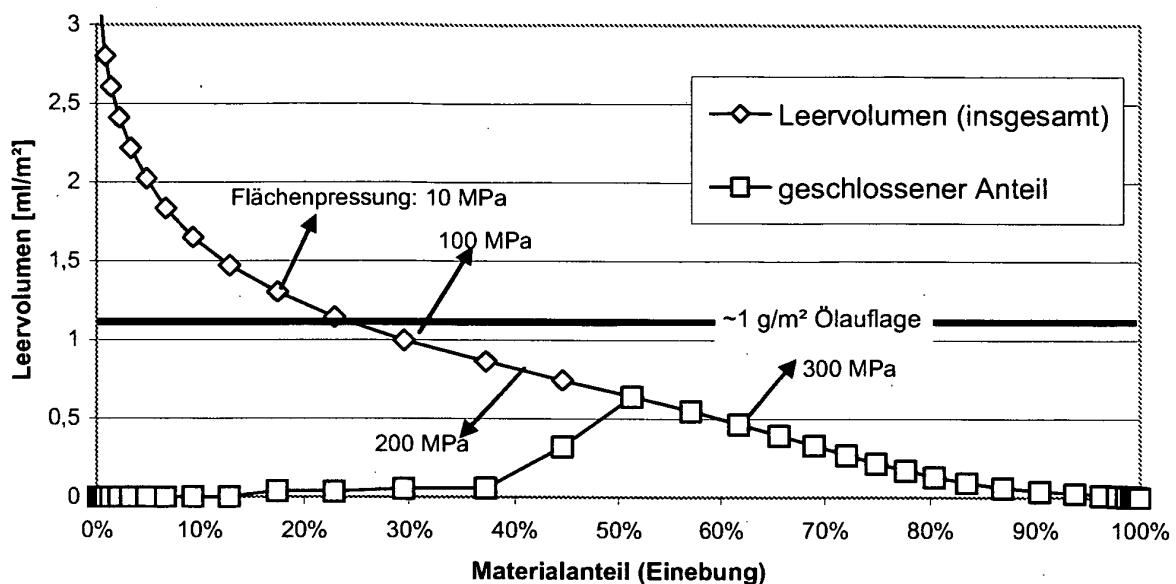


Fig. 10 Enebungsverhalten einer erfindungsgemäßen Feinblechoberfläche

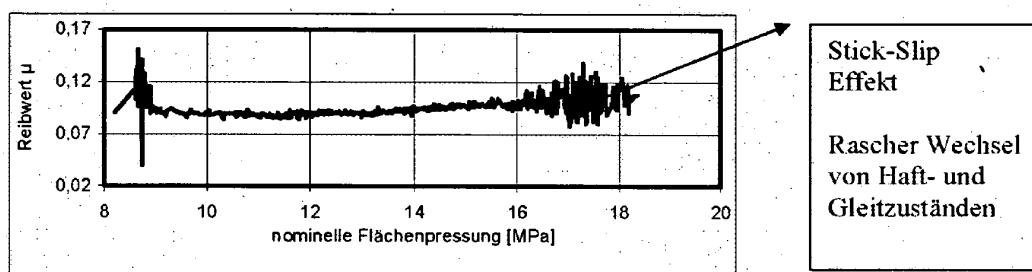
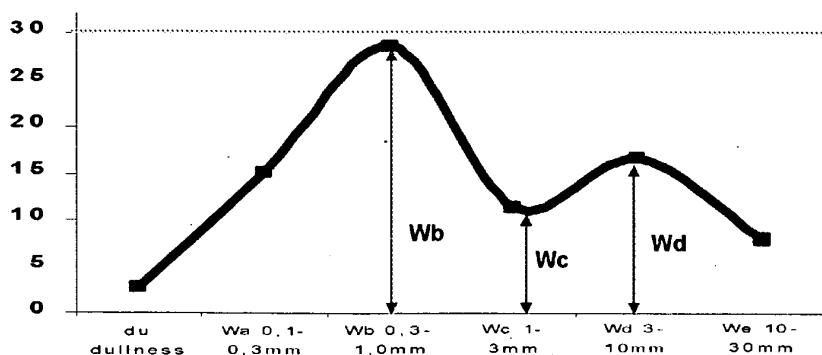
Fig. 11 Umformverhalten bei ungenügender Ölaufage (1 g/m^2), offenes Leervolumen (Fig. 10) ist nicht ausreichend gefüllt

Fig. 12 Strukturspektrum einer guten Lackierung (Masterkurve)

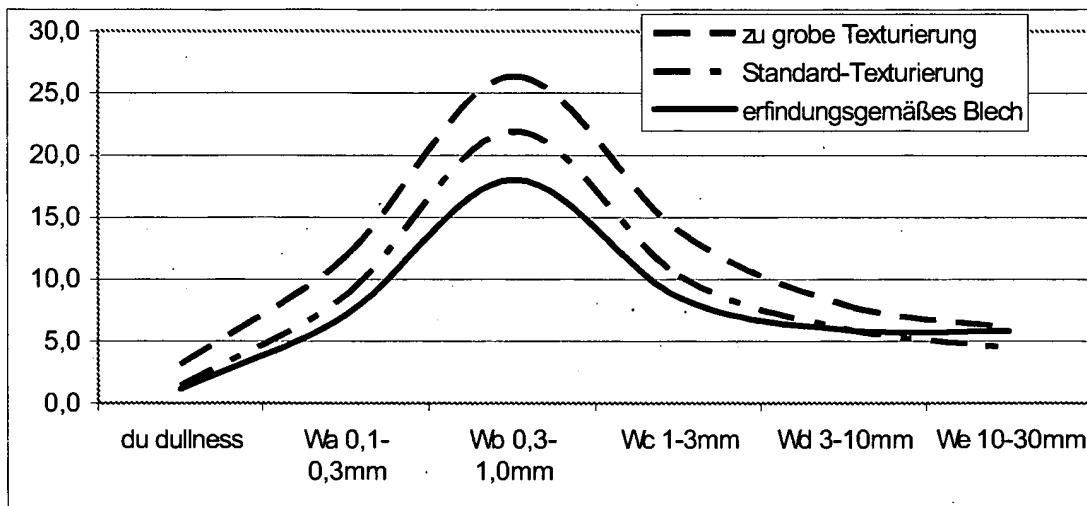


Fig. 13 Vergleich des Lackerscheinungsbildes in Abhängigkeit von der Oberflächentextur

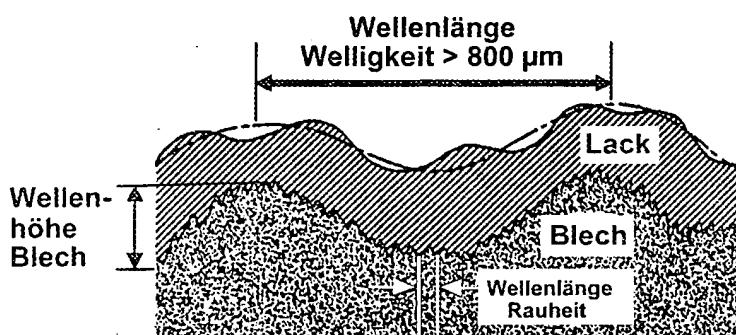


Fig. 14 Zusammenhang zwischen Feinblech- und Decklackoberflächenstruktur (nach Keiji Nishimura, Iron and Steel Engineer, Aug. 1991)

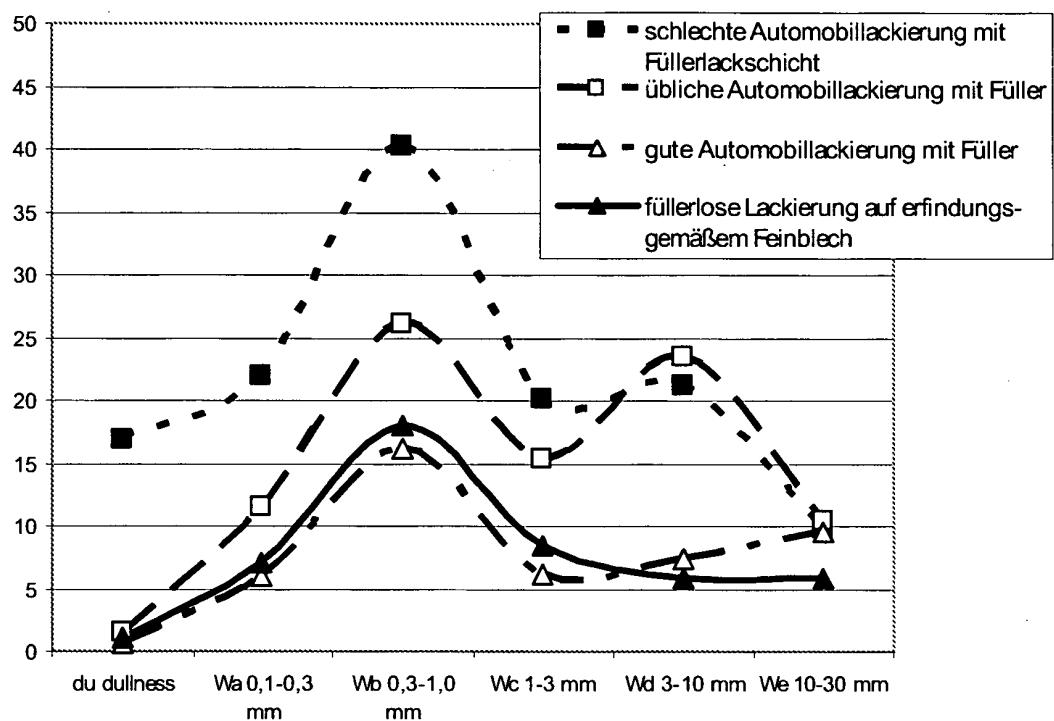


Fig. 15 Strukturspektrum: Vergleich unterschiedlicher Automobilackierungen auf konventionellen Feinblechen (mit Außenhautqualität) und füllerloser Automobilackierung auf erfindungsgemäßem Flachprodukt

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

- JP 63050488 A [0007] [0009]
- JP 1293907 A [0007] [0010] [0011]
- DE 102004013031 [0032]
- EP 1584396 A2 [0032] [0036] [0058]
- US 10082214 B [0032]