



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 57 129 A1** 2004.06.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 57 129.5**

(22) Anmeldetag: **05.12.2002**

(43) Offenlegungstag: **24.06.2004**

(51) Int Cl.7: **B29C 45/72**
B29C 33/08, H05B 6/14

(71) Anmelder:
**Kunststoff-Institut für die mittelständische
Wirtschaft NRW GmbH, 58507 Lüdenscheid, DE**

(72) Erfinder:
**Eulenstein, Thomas, 59174 Kamen, DE; Droste,
Thomas, 58239 Schwerte, DE; Hinzpeter, Udo,
58710 Menden, DE**

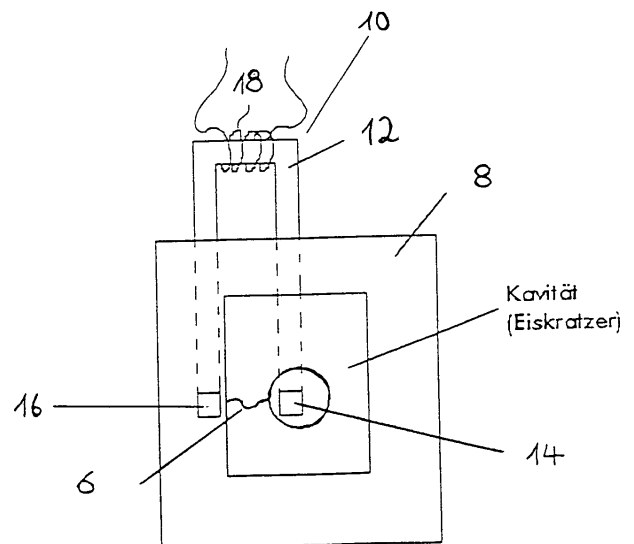
(74) Vertreter:
Wenzel & Kalkoff, 58452 Witten

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen von Formteilen aus Kunststoff und ein Werkzeug hierfür**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Formteilen, insbesondere Spritzgieß-Formteilen, bei dem in ein Formwerkzeug aus zwei oder mehr Werkzeugteilen, die eine vorgegebene Kavität zum Formen des Formteils bilden, mittels einer Zuführeinheit ein plastisch verformbarer, in der Regel fließfähiger Werkstoff eingebracht wird, der Werkstoff in der Form verteilt wird, der Werkstoff nach dem Verteilen zum Erstarren gebracht wird und der erstarrte, in die vorgegebene Form gebrachte Werkstoff aus dem Werkzeug entfernt wird, dadurch gekennzeichnet, dass während und vor dem Verteilen des Werkstoffs mindestens ein erstes Werkzeugteil nur abschnittsweise durch gerichtete Hochfrequenztechnik erwärmt wird. Die Erfindung betrifft weiter ein Werkzeug zur Herstellung von Formteilen, insbesondere Spritzgießteilen, mit mindestens zwei Werkzeugteilen, die eine vorgegebene Kavität für das herzustellende Formteil definieren, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum abschnittweisen Erwärmen mindestens eines ersten Werkzeugteils am oder im Werkzeug vorgesehen sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Formteilen aus Kunststoff, insbesondere Spritzgieß-Formteilen und ein Werkzeug hierfür.

[0002] Das Spritzgießen von Formteilen mittels thermoplastischer, duroplastischer oder elastomerer Werkstoffe wird vielfach eingesetzt. Beim Spritzgießen wird der Werkstoff aus einer Zuführeinheit, in der der Werkstoff meist bis zur Fließfähigkeit erhitzt wird, in ein auf eine vorgegebene, werkstoffabhängige Temperatur eingestelltes Werkzeug aus zwei oder mehr Werkzeugteilen, die eine Kavität umschließen, eingebracht. Dabei sollte der Werkstoff möglichst schnell und vollständig die durch das Werkzeug definierte Kavität ausfüllen und die Oberfläche der Werkzeugteile, die die Kavität begrenzen, und mit der der Werkstoff in Kontakt kommt (Kontaktfläche), exakt abbilden.

[0003] Das exakte Abbilden der Kontaktfläche ist entscheidend, denn mindestens Teile des Werkzeugs bilden ein Negativ der späteren Oberfläche des Werkstücks. Fehler in der Oberfläche stellen eine erhebliche Qualitätsminderung dar. Um solche Fehler zu vermeiden, ist eine optimale Fließfähigkeit des Werkstoffes während des gesamten Formfüllvorgangs notwendig.

[0004] Während des Verteilens im Werkzeug kann der Werkstoff an der Kontaktfläche, die die Kavität definiert, abkühlen. Durch das Abkühlen steigt die Viskosität des Werkstoffs und seine Fließfähigkeit wird u. U. soweit reduziert, dass ein vollständiges Ab- bzw. Ausformen sehr filigraner Details, wie z. B. sehr dünnwandiger Bereiche oder sehr feiner Strukturen, nicht möglich ist.

[0005] Formteile mit Mikrostrukturen können unterschieden werden in Mikroteile mit einer Masse im Hundertstel- bzw. Tausendstel-Grammbereich und Makroteile mit mikrostrukturierten Bereichen. Diese Mikrostrukturen weisen Details im Mikro- bzw. Nanometerbereich auf.

[0006] Die Abformung von Mikrostrukturen, wie sie z. B. in der Licht-, Automobil-, Kommunikation- und der Medizintechnik eingesetzt werden, ist bei reduzierter Fließfähigkeit des Werkstoffs nicht möglich. Die Fließfähigkeit sinkt mit sinkender Temperatur des Werkstoffs. Der abkühlende Werkstoff bildet eine zähflüssige Außenschicht und dringt nicht mehr in die kleinen Nischen und Hohlräume ein, die für Mikrostrukturen typisch sind. Dadurch wird nicht nur die Optik sondern sogar die Funktionstüchtigkeit der Werkstücke beeinträchtigt.

[0007] Die Abformbarkeit von sehr filigranen Details ist, wie vorstehend beschrieben, in starken Maße von der Temperatur abhängig, die sich beim Auftreffen des Werkstoffs auf die Kontaktfläche ergibt (Kontakttemperatur). Diese Temperatur ist wesentlich von der Temperatur des Werkzeugs bzw. Kontaktfläche abhängig. Der bis zur Fließfähigkeit erhitzte Werkstoff kühlt während und nach dem Verteilen in dem Werk-

zeug an der Werkzeugwand, also der Kontaktfläche ab. Während des Verteilens wird deshalb versucht, ein unerwünschtes Abkühlen des Werkstoffs durch Temperieren des Werkzeugs zu verhindern. Erst nach dem Ausfüllen der Kavität wird die Abkühlung des Werkzeugs so weit fortgeführt, bis der Werkstoff ausreichend erstarrt und damit genügend formstabil ist, um aus der Form gelöst zu werden.

[0008] Die Werkzeugtemperaturen bei der Verarbeitung von Thermoplasten reichen von einem (selten nutzbaren) Minimum von ca. 20°C bis zu ca. 140°C. Allgemein können, je nach Art des verwendeten Kunststoffs die Verarbeitungstemperaturen des in der Zuführeinheit erhitzten Kunststoffes auch auf ca. 220°C oder bis ca. 340°C ansteigen. Es ist nachvollziehbar, dass das Aufheizen vor dem Einleiten des Werkstoffs und das Abkühlen bis hin zum Erstarren des Werkstoffs im Werkzeug wesentliche Parameter des Herstellungsverfahrens sind.

[0009] Der vorbeschriebene Temperaturzyklus bestimmt wesentlich die Taktzeit der Fertigung und hat auf die Produktionsdauer, also auch auf die Wirtschaftlichkeit der Herstellung von Spritzguß-Teilen entscheidenden Einfluss. Verfahren, die darauf setzen, die Wand des Werkzeugs zyklisch zu erhitzen, um ein vollständiges Abformen der Kontaktfläche durch den Werkstoff – und damit eine exakt vorgegebene Ober- bzw. Grenzfläche des Werkstücks zu gewährleisten (Variotherm-Verfahren), führen zu sehr langen Taktzeiten, insbesondere wegen des spät einsetzenden Abkühlens, und verringern somit die Wirtschaftlichkeit. So verlängert die Erhöhung der Wandtemperatur des Werkzeugs um ca. 30°C die Kühlzeit um ca. 60% und damit die gesamte Taktzeit um ca. 30%.

[0010] Auch eine auf der Oberfläche des Werkstücks erkennbare Bindenahtkerbe stellt eine unzureichende Abformung der Kontaktfläche dar. Eine Bindenahtkerbe kann entstehen, wenn der Werkstoff in das Werkzeug eingebracht wird und sich dort unter deutlicher Abkühlung ausbreitet. Die zur Bildung von Bindenahtkerben führenden Teilströme ergeben sich entweder, wenn in der Kavität Hindernisse zu umfließen sind oder wenn der Werkstoff z. B. aus mehreren Düsen eingespritzt wird. Es treffen also beim Verteilen des Werkstoffs im Werkzeug bzw. in der Kavität des Werkzeugs dann diese Teilströme wieder aufeinander. Die Teilströme des an der Oberfläche abgekühlten Werkstoffs verschmelzen nicht nahtlos miteinander, vielmehr bleiben unerwünschte, an der Oberfläche sichtbare Nahtstellen, zurück (primäre Bindenähte).

[0011] Außerdem legen sich die Grenzflächen dieser Teilströme nicht vollständig an die Kontaktfläche des Werkzeugs zum Werkstoff an, es verbleiben im Bereich der Bindenähte also Bindenahtkerben. Insbesondere diese Bindenahtkerben sind unerwünscht. Im Bereich der Bindenaht kann eine Kerbe und/oder eine Farbveränderung bzw. ein Glanzunterschied sichtbar werden. Die Kerbe ist besonders bei

dunklen oder transparenten Formkörpern mit glatten, hochglanzpolierten Formteilerflächen sehr deutlich sichtbar.

[0012] Daneben kommt es vor, dass, bedingt durch die Form der Kavität (z. B. Wanddickenunterschiede des Werkstücks), sich der Werkstoff unterschiedlich schnell in der Form ausbreitet. Wenn durch die unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit in geräumigen und in engen Abschnitten der Kavität ein bestimmter Fließwinkel überschritten wird, entstehen dann ebenfalls Bindenähte (sekundäre Bindenähte).

[0013] Allgemein lässt sich feststellen, dass Bindenähte aus nicht homogen miteinander verschmolzenen Teilströmen des Werkstoffs bestehen. Bindenähte verbleiben oft als erkennbare, also mit bloßem Auge sichtbare Grenzflächen auf der Oberfläche des Formteils.

[0014] Die Stelle bzw. die Stellen, an denen das Entstehen von Bindenähten zu erwarten ist, lässt sich bei der Herstellung von Formen für neu herzustellende Formteile entweder, sofern es sich um eine geometrisch einfache Form handelt, im Voraus aus der Erfahrung heraus abschätzen. Alternativ sind Simulationsprogramme bekannt, mit denen nach Eingabe der Parameter auch für komplexere Formteile, z. B. die Abdeckung von Tastaturen, berechnet werden kann, wo Bindenähte und somit Bindenahtkerben zu erwarten sind. Das Entstehen von Bindenähten bzw. Bindenahtkerben ist also in starken Maße von der Form der Kavität bzw. des Werkzeugs, von der Temperatur des Werkstoffs sowie insbesondere von der Kontakttemperatur während des Einfüllens und des Verteilens des Werkstoffs in der Kavität abhängig.

[0015] Ein Verfahren, bei dem lediglich Abschnitte des Werkzeugs zyklisch erwärmt werden, um Bindenähte und Bindenahtkerben zu vermeiden, ist bekannt. Im Rahmen dieses Verfahrens werden neben den in der Wand des Werkzeugs angeordneten Kühlkanälen, die von einem Kühlmittel durchströmt werden, Temperierkanäle angeordnet, die von einem Heizmedium (unter Druck stehendes Wasser oder Öl) zyklisch durchströmt werden. Dieses Verfahren kann als erster Schritt angesehen werden, der in die richtige Richtung geht. Es stellt jedoch noch keine vollständige oder zufriedenstellende Lösung des Problems dar, denn zum einen kann das Anbringen der zusätzlichen Temperierkanäle sehr aufwendig und manchmal schwierig zu realisieren sein, weil der erforderliche Platz in der Wand der Form nicht verfügbar ist. Ein weiterer gravierender Nachteil ist die verhältnismäßig unspezifische Erwärmung des Werkzeugs in der gesamten Umgebung der zusätzlichen Temperierkanäle bis an den äußeren Rand des Werkzeugs, der der Kavität abgewandt ist. Hierdurch ist die zyklische Erwärmung des Werkzeugs träge.

[0016] Ein anderes, ebenfalls unspezifisches Verfahren wird in der Weise durchgeführt, dass eine mittels Hochfrequenz erhitze Sonde zwischen die geöffneten Werkzeugteile geführt wird und dadurch die gesamte Kontaktfläche der Kavität erwärmt wird. Die

Anwendung dieses Verfahrens ist jedoch auf Mikrostrukturen beschränkt (Schinköthe und Walther in KU, 2000, S. 62 ff). Das Anpassen bzw. Einpassen von Induktoren in größere Werkzeuge zum direkten Erwärmen von Kontaktflächen wird als problematisch beurteilt.

[0017] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen von Formteilen, insbesondere Spritzgieß-Formteilen und ein Werkzeug vorzuschlagen, mit dem die Abbildegenauigkeit wesentlich erhöht werden kann, ohne die Taktzeit signifikant zu verlängern.

[0018] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und ein Werkzeug nach Anspruch 11.

[0019] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen von Formteilen, insbesondere Spritzgieß-Formteilen, wird in ein Formwerkzeug aus zwei oder mehr Werkzeugteilen, die eine vorgegebene Kavität zum Formen des Formteils bilden, wobei die Kavität durch die Oberfläche der Werkzeugteile, die Kontaktfläche, begrenzt ist, mittels einer Zuführeinheit ein plastisch verformbarer, in der Regel fließfähiger Werkstoff eingebracht, der in der Kavität verteilt wird und an der Kontaktfläche anliegt, und der nach dem Verteilen zum Erstarren gebracht wird, wonach der erstarrte, in die vorgegebene Form gebrachte Werkstoff aus dem Werkzeug entfernt wird, wobei vor, während oder nach dem Verteilen des Werkstoffs mindestens ein erstes Werkzeugteil mindestens abschnittsweise mit Mitteln zum Erzeugen von Wärme durch gerichtete Hochfrequenz-Technik erwärmt wird.

[0020] Die Anwendung der gerichteten Hochfrequenz-Technik für das erfindungsgemäße Verfahren hat sich aus der Überlegung ergeben, dass in der Regel nur eine Oberfläche des Werkstücks, in der Regel die spätere Außenfläche, besonderen Anforderungen an die Genauigkeit des Abformens bzw. der Oberflächengüte genügen muss, so dass für viele Anwendungsfälle die Erwärmung der Kontaktfläche bei nur einem Werkzeugteil ausreicht.

[0021] In den meisten Fällen genügt es, nur Teilbereiche der gesamten Oberfläche der Kontaktfläche zu erwärmen, um die Abformung von filigranen Details, wie sehr dünnwandige Bereiche, Mikrostrukturen oder auch Bereiche in denen sich eine Bindenahtkerbe ausbilden wird zu vermeiden. Selbstverständlich kann aber das Verfahren auch so durchgeführt werden, daß die gesamte Kontaktfläche des Werkzeugs erwärmt wird.

[0022] Auch hier ist ein wesentlicher Vorteil der Erfindung zu erkennen. Insbesondere bei komplex geformten Werkzeugen bzw. Kavitäten kann die präzise Erwärmung durch gerichtete induktive Erwärmung besser gewährleistet werden als bei Verfahren nach dem Stand der Technik.

[0023] Anders als beim Stand der Technik ist ein Temperieren unter exakt definierten Bedingungen möglich. Insbesondere das Temperieren bei ge-

geschlossenem Werkzeug, also bei definiertem Abstand des Trafokerns zu der zu erwärmenden Kontaktfläche und zeitnah zum Einbringen des Werkstoffs kann mit bekannten Vorrichtungen oder Verfahren nicht realisiert werden. Durch Optimierung der Kontakttemperatur wird die Abformung verbessert. Ausschuss wird reduziert und die Bildung von Binde-nahtkerben wird vermieden. Entsprechend wird das bzw. werden die Werkzeugteile in der Regel vor, im Einzelfall aber auch noch während oder nach dem Verteilen des Kunststoffes erwärmt, z. B. wenn es sich um ein verhältnismäßig großes Formteil handelt, bei dem das Verteilen des Werkstoffs längere Zeit in Anspruch nimmt.

[0024] Schon das partielle Erwärmen eines Werkzeugteils, vorteilhaft jeweils an Stellen, wo die Abformung der Kontaktfläche problematisch ist, verbessert die Abformung von mikrostrukturierten Bereichen auf Makroteilen und reduziert das Risiko des Ausbildens von Bindenähten oder Binde-nahtkerben. Insbesondere bei der Herstellung von Mikroteilen bzw. komplexen Werkstücken mit dem Risiko der Ausbildung zahlreicher Fehlstellen wie Bindenähten oder Binde-nahtkerben empfiehlt es sich jedoch, ggf. die gesamte Kontaktfläche mindestens eines Werkzeugteils zu temperieren.

[0025] Die präzise Begrenzung der Erwärmung auf die gewünschten Abschnitte der Kontaktfläche ist ein besonderer Vorteil der gerichteten Hochfrequenz-Technik. Durch gerichtetes induktives Erwärmen kann gezielt nur die Kontaktfläche zwischen Werkzeug und Werkstoff auf einer Tiefe von ca. 0,1 mm bis ca. 1,0 mm erwärmt werden, so dass ein Teil der durch gerichtete Hochfrequenztechnik zugeführten Energie in Wärme umgewandelt wird. Damit wird eine frühzeitige Abkühlung des Werkstoffs verhindert und gleichzeitig das jeweilige Werkzeugteil wieder gekühlt. Ein Erwärmen bis zu einer Tiefe von 1,0 mm ist völlig ausreichend und sollte aus ökonomischen Gründen nicht überschritten werden. Ein Erwärmen auf eine Tiefe von bis zu 0,5 mm ist in der Regel genügend, bevorzugt wird es, wenn die Kontaktfläche nur bis auf eine Tiefe von 0,2 mm erwärmt wird. Vorteilhaft ist, dass nur geringe Energiemengen erforderlich sind, um die Kontakttemperatur zu optimieren, und dass die Erwärmung zeitlich exakt erfolgen kann, so dass die Taktzeiten kaum erhöht werden.

[0026] Die Anordnung der Primärspule und des zugehörigen Trafokerns an bzw. in einem Werkzeugteil erweist sich in der Regel als ohne weiteres durchführbar. Der Hochfrequenzgenerator, die an den Generator angeschlossene Primärspule und der Trafokern sind nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung einem zweiten Werkzeugteil zugeordnet. Vorzugsweise sind Hochfrequenzgenerator und Primärspule außerhalb des zweiten Werkzeugteils angeordnet, doch bei entsprechender Isolierung und geeigneten räumlichen Bedingungen ist auch ein Einbau der Primärspule möglich.

[0027] Der in der Primärspule eingesetzte Trafokern

ist so geformt, daß er ein erstes Ende mit einem ersten Polschuh und ein zweites Ende mit einem zweiten Polschuh aufweist. Das erste und das zweite Ende des Trafokerns sind im zweiten Werkzeugteil so angeordnet, daß sie sich jeweils an den Enden einer Binde-naht oder einer anderen Fehlstelle befinden, die sich auf dem korrespondierenden Bereich des ersten Werkzeugteils befindet. Das erste Werkzeugteil ist im Bereich der Fehlstelle mit einer magnetisierbaren Kontaktfläche ausgebildet. Das erste und das zweite Werkzeugteil sind auch bei geschlossenem Werkzeug durch einen Luftspalt, die Kavität, getrennt. Bei Inbetriebnahme des Hochfrequenzgenerators, an den die Primärspule angeschlossen ist, wird ein elektromagnetisches Wechselfeld aufgebaut, welches durch den Trafokern verstärkt und gerichtet wird und Wirbelströme in den ersten Werkzeugteil induziert. Diese Wirbelströme rufen eine ohmsche Erwärmung hervor. In der magnetisierbaren Kontaktfläche des ersten Werkzeugteils zwischen den beiden Polshuhen des Trafokerns werden berührungslos über die Kavität hinweg ebenfalls Wirbelströme – und damit Erwärmung – induziert.

[0028] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Trafokern und die korrespondierende Kontaktfläche an die Form der zu erwartenden Fehlstelle z. B. einer Binde-naht oder Binde-nahtkerbe – und damit des zu erwärmenden Teils des Werkzeugs bzw. Werkzeugteils – angepasst ist.

[0029] Dabei erweist es sich als vorteilhaft, wenn das Temperieren bei geschlossenem Werkzeug erfolgt. Die Werkzeugteile sind dann in definiertem Abstand voneinander angeordnet und die Bemessung der Wärmemenge, die zur Optimierung der Kontakttemperatur einzubringen ist, kann außerordentlich exakt erfolgen. Damit ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren ein wesentlich präziseres Temperieren der Kontaktfläche als dies z. B. mit einer Sonde möglich ist. Weiterhin kann auf das Ein- und Ausfahren der Sonde verzichtet werden, wodurch sich die Taktzeit verkürzt.

[0030] Eine unerwünschte unspezifische Erwärmung des Werkzeugs bzw. der Kontaktfläche insgesamt, wie es beim Einsatz einer Hochfrequenz-Sonde, bei dem Variotherm-Verfahren oder bei der partiellen Erwärmung des Werkzeuges durch ein Heizmedium der Fall ist, entfällt. Dadurch wird nicht nur vermieden, dass unnötig Wärmeenergie in das Werkzeug insgesamt eingebracht wird, die dann wieder durch Kühlen abgebaut werden muss. Vielmehr kann die teilweise Erwärmung der Kontaktfläche ohne weiteres auf die schnellen und kurzen Taktzeiten, die sich – je nach Formteil – im Bereich von einigen Sekunden bewegen, abgestimmt werden, da sich die Kontaktflächen des mindestens einen, ersten Werkzeugteils sehr schnell und mit geringen Wärmemengen erwärmen lassen. Dies wirkt sich sowohl hinsichtlich des Energieverbrauchs, als auch in Bezug auf die Beibehaltung einer kurzen Taktzeit aus.

[0031] Bei Zeiten für das Einbringen des Werkstoffs

in die Kavität, die üblicherweise zwischen einer halben Sekunde für kleine Formen und bis zu ca. 10 Sekunden für größere oder komplexere Formen betragen, kann die Zeit, die für das Erwärmen erforderlich ist, exakt auf das Einbringen und ggfs. das Erstarren des Werkstoffs in die Kavität abgestimmt werden.

[0032] Das erfindungsgemäße Verfahren wird weiter dadurch optimiert, dass die abschnittsweise Erwärmung des Werkzeugs so ausgelegt wird, dass gerade nur ein Abkühlen des Werkstoffs während des vollständigen Verteilens in der Kavität des Werkzeugs vermieden wird. Damit wird das Einbringen von an sich unerwünschter Wärme auf ein Minimum reduziert. Zusätzlich wird erreicht, daß die Kontakttemperatur in einem optimalen Bereich gehalten wird.

[0033] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignen sich thermoplastische, duromere und auch elastomere Werkstoffe. Besonders bevorzugt werden jedoch Thermoplaste.

[0034] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch ein Werkzeug nach Anspruch 11 gelöst. Das erfindungsgemäße Werkzeug zur Herstellung von Formteilen, insbesondere Spritzgießteilen, weist mindestens ein erstes und ein zweites Werkzeugteil auf, die eine vorgegebene, durch die Oberfläche der Werkzeugteile, die Kontaktfläche, begrenzte Kavität für das herzustellende Formteil definieren sowie eine Zuführ-Einheit für einen plastisch verformbaren, in der Regel fließfähigen Werkstoff und ist erfindungsgemäß mit Mitteln zum mindestens abschnittweisen Erwärmen der Kontaktfläche mindestens eines ersten Werkzeugteils mittels gerichteter Hochfrequenz-Technik an oder in einem zweiten Werkzeugteil ausgestattet. Diese Ausgestaltung des Werkzeugs ermöglicht das Herstellen von Formteilen ohne Fehlstellen wie Bindenahtkerben.

[0035] Bevorzugt sind Mittel zum abschnittweisen Erwärmen des Werkzeugs bzw. des Werkzeugteils dort vorgesehen, wo die Bildung von Fehlstellen bei der Abformung der Kontaktfläche durch den Werkstoff zu erwarten sind. Die Mittel zum abschnittweisen Erwärmen sind vorzugsweise so ausgestaltet, dass das Werkzeug bzw. das Werkzeugteil nur an der Kontaktfläche zum Werkstoff erwärmt wird. Die vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung tragen vor allem dazu bei, dass die Taktzeiten bei der Herstellung der Formteile durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Werkzeugs gegenüber eines nicht aufgeheizten Werkzeugs unwesentlich verlängert werden.

[0036] Wie bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben, erfolgt die abschnittsweise Erwärmung des Werkzeugs bzw. des Werkzeugteils durch den Einsatz von Mitteln zum mindestens abschnittweisen Erwärmen der Kontaktfläche mindestens eines ersten Werkzeugteils mittels gerichteter Hochfrequenz-Technik. Der Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorstehend im Zusammenhang mit dem Ablauf des Verfah-

rens detailliert erläutert.

[0037] Eine Minimierung des Wärmeeintrags des zu erwärmenden Abschnitts wird erreicht, wenn der Induktor z.B. durch die Anordnung des ersten und des zweiten Polschuhs so ausgebildet ist, daß lediglich der Abschnitt des ersten Werkzeugteils erwärmt wird an dem beim Abformen der Kontaktfläche Fehlstellen auftreten. So wird unmittelbar der unerwünschten Abkühlung des Werkstoffs an Stellen, z. B. beim Aufeinandertreffen von Teilströmen, entgegenwirkt, an denen die Kontaktfläche nicht vollständig abgebildet wird.

[0038] Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Polschuhe des Trafokerns so am zweiten Werkzeugteil angeordnet, dass sie bei geschlossenem Werkzeug unmittelbar in Anlage zum ersten Werkzeugteil kommen, das im Bereich der Anlagefläche magnetisierbar ausgebildet ist. Die Anlagefläche zwischen Polschuhen und erstem Werkzeugteil ist in der Regel außerhalb der Kontaktfläche. Die Anlagefläche steht jedoch in magnetisch leitender Verbindung mit den magnetisch leitenden Abschnitten der Kontaktfläche. Durch diese Anordnung des Trafokerns ist eine besonders präzise, streuungsarme Erwärmung der Kontaktfläche insgesamt oder in besonderen Bereichen möglich.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren und das Werkzeug nach der Erfindung werden nachstehend an ausgewählten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0040] **Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Spritzgusserzeugnisses (Abdeckung für Tastatur) mit einer Fehlstelle;

[0041] **Fig. 2** eine schematische Darstellung eines zweiten Werkzeugteils mit einer erfindungsgemäßen Anordnung zum Erwärmen mittels gerichteter Hochfrequenztechnik.

Erstes Ausführungsbeispiel:

[0042] Eine Vorrichtung zum Erwärmen mittels Hochfrequenztechnik ist grundsätzlich bekannt und wie folgt aufgebaut: Eine mehrwindige Spule, die Primärspule ist an einem Hochfrequenzgenerator angeschlossen. Sie wird im Betriebszustand von einem hochfrequenten Wechselstrom durchflossen, so daß sich ein elektromagnetisches Wechselfeld aufbaut. Ist in dem elektromagnetischen Wechselfeld ein Trafokern angeordnet, entsteht bei der Inbetriebnahme ein elektromagnetisches Wechselfeld, welches durch den Trafokern verstärkt und gerichtet wird und Wirbelströme in den ersten Werkzeugteil induziert. Diese Wirbelströme rufen eine ohmsche Erwärmung hervor. Das Ausmaß der Erwärmung hängt unter anderem ab von der Leistung und der Frequenz des Wechselstromgenerators, sowie der Permeabilität μ und der elektrischen Leitfähigkeit der zu erwärmenden Kontaktflächen. Der die Primärspule durchsetzende Trafokern weist ein erstes Ende mit einem ersten Polschuh und ein zweites Ende mit einem zwei-

ten Polschuh auf. Ist im Bereich des elektrisch erzeugten Magnetfeldes bzw. der elektrisch erzeugten Wirbelströme weiteres magnetisierbares Material, auch wenn es räumlich von dem Trafokern getrennt ist, so wird dieses magnetisierbare Material ebenfalls berührungslos erwärmt. Das Induzieren der elektromagnetischen Wechselfelder in einen definierten Bereich der zu erwärmenden Kontaktfläche eines ersten Werkzeugteils erfolgt vom im gegenüberliegenden zweiten Werkzeugteil angeordneten Induktor, bestehend aus Primärspule und Trafokern, und wird im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erfindung als „gerichtete“ Induktion bezeichnet.

[0043] Im vorliegenden Anwendungsfall ist der Induktor an einem zweiten Werkzeugteil eines Spritzguss-Werkzeugs angebracht. Dieses zweite Werkzeugteil korrespondiert mit einem ersten Werkzeugteil und bildet mit diesem zusammengefügt eine Kavität, die der herzustellenden Tastaturabdeckung entspricht. Da das Werkzeugteil, das den Trafokern enthält, aus Stahl gefertigt sein kann, ist der Trafokern gegenüber dem zweiten Werkzeugteil mittels einer Isolierschicht magnetisch abgeschirmt.

[0044] Bei dem Werkzeug, in dem ein thermoplastischer Werkstoff zu einer Abdeckung für eine einfache Tastatur **2**, dargestellt in **Fig. 1**, mit einer Ausnehmung **4** geformt werden soll, ist bekannt, wo nach dem Einspritzen des fließfähigen Werkstoffs sich Teilströme zum Umfließen der Ausnehmungen bilden und wo die Schmelzefronten dieser Teilströme wieder aufeinandertreffen. Die Lage der Bindahten, hier einer Bindennht **6** ist aus der Herstellung von Vorläufermodellen bekannt. Das Werkzeug soll verbessert werden, so dass die Bindahtkerbe **6** nicht mehr sichtbar ist.

[0045] Dazu wird, wie in **Fig. 2** dargestellt, an einem zweiten Werkzeugteil **8** ein Induktor **10** angebracht. Der Induktor **10** ist aus einem Trafokern **12** mit einem ersten Ende (erster Polschuh) **14** und einem zweiten Ende (zweiter Polschuh) **16** sowie einer den Magneten umgreifenden Spule **18** mit mehreren Wicklungen zusammengesetzt. Die Polschuhe **14**, **16** sind jeweils im Bereich der Enden der Bindaht **6** angeordnet. Die Spule **18** ist an einen hier nicht näher dargestellten Hochfrequenzgenerator angeschlossen. Zur Vermeidung von Wirbelströmen ist der Trafokern vorzugsweise aus einem Blechpaket aufgebaut, die gegeneinander elektrisch isoliert sind und aus magnetisch weichem Stahl bestehen. Zur Vermeidung von übermäßig hohen Wirbelstromverlusten ist die Spule **18** magnetisch durch einen Isolator (Mu-Metall) und einen großen Luftspalt gegenüber dem zweiten Werkzeugteil **8** isoliert.

[0046] Auf die Kontaktfläche kann beim ersten Werkzeugteil auf die zu erwärmenden Abschnitte eine magnetische Beschichtung aufgebracht werden. Die Beschichtung kann durch an sich bekannte thermische, thermochemische, elektrochemische und/oder PVD-/CVD-Verfahren aufgebracht werden. Wird nun unmittelbar vor dem Einspritzen des ther-

moplastischen Werkstoffs Wechselfeld an den Induktor angelegt, dann schließt diese Beschichtung den Kreis des magnetisierbaren Materials, der durch die Lage des ersten und des zweiten Polschuhs vorgegeben ist. Die magnetisch beschichtete Kontaktfläche des ersten Werkzeugteils befindet sich damit im elektromagnetischen Wechselfeld und erwärmt sich berührungslos über den Luftspalt der Kavität hinweg. Die Erwärmung erfolgt allerdings nur dort, wo der Induktor ein solches Wechselfeld erzeugt, also dort, wo nach der vorliegenden Erfahrung mit dieser Form die Bildung einer Bindaht zu erwarten ist und entsprechend die Polschuhe des Induktors angeordnet sind. [0047] Der erste und der zweite Polschuh des Induktors sind im zweiten Werkzeugteil jeweils korrespondierend zu einem ersten und einem zweiten Ende der zu erwartenden Bindaht angeordnet. Die Kontaktfläche besteht im Bereich der zu erwartenden Bindaht aus magnetisierbarem Material, so dass sich Wirbelströme ausbilden können. Wird nun unmittelbar vor dem Einspritzen des auf 55 °C erhitzten Werkzeuges hochfrequenter Wechselstrom an den Induktor angelegt, so dient die gegenüberliegende magnetisierbare Kontaktfläche des ersten Werkzeugteils, die sich zwischen dem ersten und dem zweiten Polschuh erstreckt, als Magnetjoch. Die durch Einschalten des Induktors erzeugten Wirbelstromverluste erhitzen zusätzlich die Kontaktfläche des ersten Werkzeugteils.

[0048] Die Parameter des Generators der Primärspule und des Trafokerns sowie des magnetisierbaren Abschnitts der Kontaktfläche sind so ausgelegt, daß der zu erwärmende Abschnitt des ersten Werkzeugteils bis in eine Tiefe von 0,2 mm auf eine Temperatur von ca. 90 °C aufgewärmt wird. Unmittelbar vor dem Einspritzen des thermoplastischen Materials in die Kavität wird der Wechselstrom abgeschaltet, eine weitere Erwärmung erfolgt nicht mehr. Diese in die Kontaktfläche eingebrachte Wärmemenge genügt, um ein vollständiges und homogenes Verschmelzen der Schmelzfronten der Teilströme zu gewährleisten, wenn diese an dem erwärmten Abschnitt der Kontaktfläche des ersten Werkzeugteils aufeinander treffen. Die Kontaktfläche des ersten Werkzeugteils, also die Oberfläche der herzustellenden Tastaturabdeckung, wird fehlerfrei abgebildet.

[0049] Durch die Wahl der Anordnung und Form der Polschuhe wird die Größe und die Form der aufzuheizenden Oberfläche bestimmt. Ein unerwünschtes Aufheizen der Wand des ersten Werkzeugteils wird durch den „Skin-Effekt“ vermieden, da die magnetischen Feldlinien und die induzierten Stromlinien nur in einer dünnen Schicht auf der Oberfläche der Kavität – der Kontaktfläche – verlaufen und somit die Erwärmung auf das notwendige und erforderliche Minimum beschränkt.

[0050] Zur Vermeidung von übermäßig hohen Wirbelstromverlusten ist der Bereich der Wicklung des Induktors mit bekannten Mitteln magnetisch und elektrisch gegenüber dem zweiten Werkzeugteil iso-

liert.

[0051] Zweites Ausführungsbeispiel Herzustellen ist ein Eiskratzer, der, um dem Bediener besseren Halt zu geben, eine besonders rauhe, griffige Oberfläche aufweisen soll. Bei der Abmusterung des Werkzeugs zeigt sich, dass die Oberflächenstruktur nicht richtig abgeformt wird. Es treten ungenügend geraubte Abschnitte auf, in denen der Werkstoff nicht in die Vertiefungen der Kontaktfläche eingedrungen sind.

[0052] Als Induktor wird eine ähnliche Anordnung wie im ersten Ausführungsbeispiel gewählt, jedoch berühren die Polschuhe des U-förmigen Magneten des Induktors, die im zweiten Werkzeugteil angeordnet sind, das erste Werkzeugteil, dessen Kontaktfläche somit insgesamt als magnetisches Joch dient, direkt. Dadurch werden Streuverluste, die beim ersten Beispiel im Luftspalt zwischen Polschuh und Joch auftreten, vermieden.

[0053] Nach dem Schließen der Kavität, bis zum Einspritzen des thermoplastischen Werkstoffs, wird ein hochfrequenter Wechselstrom an den Induktor angelegt. Die Kontaktfläche der Werkzeugteile wird zwischen den beiden Polschuhen bis zu einer Tiefe von 0,5 mm erwärmt.

[0054] Das verhindert ein zu schnelles Einfrieren des Werkstoffes an der Kontaktfläche. Ein genaueres Abformen der Kontaktfläche ist gewährleistet, der Eiskratzer weist die gewünschte, durchgehend rauhe und griffige Oberfläche auf.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Formteilen, insbesondere Spritzgieß-Formteilen, bei dem

- in ein Formwerkzeug aus zwei oder mehr Werkzeugteilen, die eine vorgegebene Kavität bilden, deren Form der Form des herzustellenden Werkstücks entspricht, wobei die Kavität durch die Oberfläche der Werkzeugteile, die Kontaktfläche, begrenzt ist,
- mittels einer Zuführeinheit ein plastisch verformbarer, in der Regel fließfähiger Werkstoff eingebracht wird,
- der Werkstoff in der Kavität verteilt wird und an der Kontaktfläche anliegt,
- der Werkstoff nach dem Verteilen zum Erstarren gebracht wird und
- der erstarrte, in die vorgegebene Form gebrachte Werkstoff aus dem Werkzeug entfernt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass vor, während oder nach dem Verteilen des Werkstoffs mindestens ein erstes Werkzeugteil mindestens abschnittsweise mit Mitteln zum Erzeugen von Wärme durch gerichtete Hochfrequenz-Technik erwärmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gesamte Kontaktfläche des Werkzeugs vor, während oder nach dem Verteilen des Werkstoffs erwärmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

zeichnet, dass die zu erwärmende Kontaktfläche bis zu einer Tiefe von bis zu 1 mm, bevorzugt bis zu einer Tiefe von bis zu 0,5 mm, besonders bevorzugt bis zu einer Tiefe von bis zu 0,1 mm erwärmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein erstes Teil des Werkzeugs nur in einem Bereich der Kontaktfläche erwärmt wird, in dem die Kontaktfläche durch den Werkstoff fehlerhaft abgebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine erste Teil des Werkzeugs nur so weit erwärmt wird, dass ein Abkühlen des Werkstoffs vor oder während des vollständigen Verteilens in der Kavität vermieden wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Werkstoff Duroplaste, Elastomere oder Thermoplaste verwendet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erwärmen des mindestens einen ersten Teils des Werkzeugs durch in einem zweiten Teil des Werkzeugs angeordnete Mittel zum Erwärmen mittels gerichteter Hochfrequenz-Technik erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Form der Mittel zum Erwärmen mittels gerichteter Hochfrequenz-Technik im zweiten Teil des Werkzeugs an die Form einer durch Erwärmen der Kontaktfläche zu vermeidenden Fehlstelle im ersten Teil des Werkzeugs angepasst ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Erzeugen von Wärme an oder im Werkzeug gegen die nicht zu erwärmenden Abschnitte des Werkzeugs isoliert sind.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeit, in der die Kontaktfläche induktiv erwärmt wird, auf die Taktzeit abgestimmt ist, die durch das Einbringen und ggfs. das Erstarren des Werkstoffs in der Kavität vorgegeben ist.

11. Werkzeug zur Herstellung von Formteilen, insbesondere Spritzgießteilen, mit mindestens einem ersten und einem zweiten Werkzeugteil, wobei die Teile des Werkzeugs eine vorgegebene, durch die Oberfläche der Werkzeugteile, die Kontaktfläche begrenzte Kavität für das herzustellende Formteil definieren, sowie mit einer Zuführ-Einheit für einen plastisch verformbaren, in der Regel fließfähigen Werkstoff, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum mindestens abschnittweisen Erwärmen der Kontaktfläche mindestens eines ersten Werkzeugteils mittels gerichteter Hochfrequenz-Technik an oder in einem zweiten Werkzeugteil vorgesehen sind.

12. Werkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Erwärmen am oder im Werkzeug so angeordnet sind, dass das mindestens eine erste Werkzeugteil im Bereich einer sich im Betriebszustand beim Verteilen des Werkstoffs in der Kavität bildenden Fehlstelle, z. B. Binde-naht oder Bindenahtkerbe erwärmbar ist.

13. Werkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine erste Werkzeugteil im Betriebszustand nur so hoch erwärmt ist, daß beim Verteilen des Werkstoffs in der Kavität ein Abkühlen des Werkstoffs verhindert ist.

14. Werkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass im Betriebszustand die Kontaktfläche nur bis zu einer Tiefe von 1 mm, vorzugsweise bis zu einer Tiefe von 0,5 mm, besonders bevorzugt bis zu einer Tiefe von 0,2 mm erwärmt ist.

15. Werkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche des ersten Werkzeugteils mindestens in dem zu erwärmenden Abschnitt aus magnetisierbarem Material gefertigt ist.

16. Werkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche des mindestens einen ersten, abschnittsweise zu erwärmenden Werkzeugteils mindestens abschnittsweise magnetisch leitend und thermisch, thermochemisch und/oder elektrochemisch und/oder im PVD-/CVD-Verfahren behandelt oder beschichtet ist.

17. Werkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Induktor (**10**) thermisch und magnetisch gegen das zweite Werkzeugteil isoliert ist.

18. Werkzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Polschuhe (**14**, **16**) des Induktors (**10**) so am zweiten Werkzeugteil angeordnet sind, dass sie bei geschlossenem Werkzeug über eine magnetisch leitende Anlagefläche mit dem ersten Werkzeugteil in magnetisch leitendem Kontakt stehen.

19. Werkzeug nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlagefläche außerhalb der Kontaktfläche angeordnet ist und mit der magnetisierbaren Abschnitten der Kontaktfläche in magnetisch leitender Verbindung steht.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig. 1

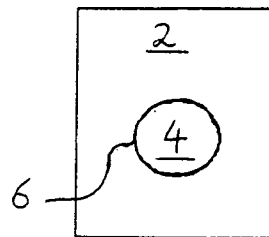


Fig. 2

